



深圳市近零碳排放区示范 工程建设支撑体系研究报告

Shenzhen Near-zero Carbon Emission Zone Pilot Project Construction Support System Report

深圳市建筑科学研究院股份有限公司

2018.10.31

Shenzhen Institute of Building Research Co., Ltd.

摘 要

2015 年 10 月党的十八届五中全会通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》，首次提出“实施近零碳排放区示范工程”的概念。在十三五期间，中国将在前期各类试点的基础上，深化低碳城市、低碳园区和低碳社区试点，低碳城市试点规模扩大到 100 个，形成一批可复制、可推广的低碳发展典型。

中国低碳城市试点有力的证明了城市是应对气候变化的主体。开展近零碳排放区示范工程，既是打造中国低碳发展的“名片”和对外开放的“窗口”，也是引领国内低碳城市发展的一项重要创新举措，有助于探索反映不同区域特点，形成可推广、可复制的低碳发展模式。

深圳市近零碳排放区示范工程建设在国内外政策、研究成果及案例调研的基础上，得到近零碳排放区的定义。结合深圳市基础特征，根据四个遴选原则：较好的低碳基础、主体明确、边界清晰和具有可实施性，确定深圳市近零碳排放区三大实施对象：社区、园区和城区，并以建筑、交通和企业为区域中的主要要素。本研究针社区、园区、城区、建筑、交通和企业分别就内涵、碳排放计算边界、建设目标和技术路径等进行研究。同时，研究近零碳排放区相关配套政策体系。

本研究以“深圳国际低碳城启动区近零碳排放社区示范工程”为示范工程对象，对该工程技术路径、建设过程、运营成果等进行分析，根据实际运行数据，认为国际低碳城启动区近零碳排放社区示范工程每年产生二氧化碳 331~405 吨，即每平方公里产生二氧化碳 0.33~0.40 万吨，人均二氧化碳排放量为 1.7~2.0 吨，远低于深圳市每平方公里 4.25 万吨，人均二氧化碳排放量 7 吨的水平。

此外，根据本研究成果，形成《深圳市近零碳排放区示范工程申报指引》，可供相关政府部门、企事业单位和社会团体等示范工程实施主体参考。

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的及意义	3
1.3 技术路线	3
1.4 研究内容	4
第二章 研究现状调研	6
2.1 国内政策调研	6
2.1.1 各省市对近零碳排放区的政策	6
2.1.2 小结	7
2.2 国内外研究现状调研	8
2.2.1 碳排放核算研究现状	8
2.2.2 近零碳排放区相关研究现状	14
2.3 国内外建设案例	26
2.3.1 国外建设案例	26
2.3.2 国内建设案例	55
2.3.3 国内拟建试点案例	73
第三章 深圳市近零碳排放区实施对象确定	77
3.1 深圳市近零碳排放区定义及核算边界	77
3.2 深圳市低碳建筑发展现状	78
3.3 深圳市低碳社区发展现状	80
3.4 深圳市低碳园区发展现状	82
3.5 深圳市低碳城区发展现状	83
3.6 深圳市低碳交通发展现状	86
3.7 深圳市低碳企业发展现状	89
3.8 深圳市近零碳排放区实施对象	91
3.8.1 六个领域实施可行性评价	91
3.8.2 深圳市近零碳排放区实施对象确定	94
第四章 近零碳排放区内涵及建设目标	95

4.1 近零碳排放建筑内涵及建设目标	95
4.1.1 近零碳排放建筑内涵	95
4.1.2 近零碳排放建筑碳排放计算边界	96
4.1.3 近零碳排放建筑建设目标	98
4.2 近零碳排放交通内涵及建设目标	102
4.2.1 近零碳排放交通内涵	102
4.2.2 近零碳排放交通碳排放计算边界	102
4.2.3 近零碳排放交通建设目标	102
4.3 近零碳排放企业内涵及建设目标	105
4.3.1 近零碳排放企业内涵	105
4.3.2 近零碳排放企业碳排放计算边界	106
4.3.3 近零碳排放企业建设目标	106
4.4 近零碳排放社区内涵及建设目标	107
4.4.1 近零碳排放社区内涵	107
4.4.2 近零碳排放社区碳排放计算边界	108
4.4.3 近零碳排放社区建设目标	109
4.5 近零碳排放园区内涵及建设目标	115
4.5.1 近零碳排放园区内涵	116
4.5.2 近零碳排放园区碳排放计算边界	116
4.5.3 近零碳排放园区建设目标	117
4.6 近零碳排放城区内涵及建设目标	124
4.6.1 近零碳排放城区内涵	124
4.6.2 近零碳排放城区碳排放计算边界	124
4.6.3 近零碳排放城区建设目标	125
4.7 小结	136
第五章 近零碳排放区碳减排应用技术体系	139
5.1 深圳市碳减排技术体系	139
5.2 专家意见征询处理	141
5.3 近零碳排放区碳减排应用技术体系	142

5.3.1 近零碳排放社区技术路径	146
5.3.2 近零碳排放园区技术路径	148
5.3.3 近零碳排放城区技术路径	153
第六章 配套政策体系建设	157
6.1 出台政策宣传引导，调动社会各方参与积极性	157
6.2 制定示范工程建设政府全过程行政管理制度	157
6.2.1 强化组织领导	157
6.2.2 出台示范工程建设指引	157
6.2.3 建立监督、检查和考核机制	160
6.2.4 示范工程建设效果评估体系	160
6.3 加强资金、容积率等奖励措施	161
6.3.1 统筹使用财政资金，设立近零碳排放区示范工程建设专项资金	161
6.3.2 拓展投融资模式，鼓励资本市场支持近零碳排放区建设	162
6.3.3 示范工程容积率奖励措施	162
6.4 强化技术与市场支撑	164
6.4.1 强化技术支撑	164
6.4.2 引入碳交易机制	165
6.5 完善公众参与绿色低碳发展相关立法与制度，营造低碳生活环境	165
6.5.1 完善公众参与绿色低碳发展相关立法及公共信息公开制度	165
6.5.2 营造低碳生活环境，树立低碳环保意识	166
6.5.3 加强宣传工作，扩大低碳影响力	166
附件 1：建筑、交通、企业三要素的技术路径	168
1.近零碳排放建筑技术路径	168
2.近零碳排放交通技术路径	172
3.近零碳排放企业技术路径	175

第一章 绪论

1.1 研究背景

国内外众多观测事实和研究表明,近一个世纪来,全球气候正经历着一场前所未有的、以变暖为主要特征的显著变化。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布的第五次评估报告指出,从上个世纪 50 年代开始,海平面的上升速度明显加快,超过了过去两千年,1901 到 2010 年间,世界平均海平面上升约 19 厘米,冰化的速度也在过去 10 年间较上世纪 90 年代加快数倍。目前,包括 CO₂、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFC)等在内的温室气体浓度上升,已达到过去 80 万年来的最高水平,由此引发的海平面上升、冰川融化、极端天气增多、原生态系统内生物多样性锐减等问题正严重威胁着人类社会的生存与发展。全球气候变暖称得上是人类发展过程中所面临的重大挑战之一,不仅诱发了气温升高、生态失衡等公共环境问题,还对各个国家经济社会的发展产生了负面影响,这些影响在长期内都具有很大的不确定性。

气候与人类生活和自然界各方面因素紧密相关。全球温度持续上升除去自然原因,更多的是受人类活动的影响(IPCC, 2007)。19 世纪工业革命以来,人类的社会经济活动对化石能源的需求与日俱增,对生态环境造成了破坏,使得 CO₂ 等温室气体急剧增加,远远超出自然界的自我调控能力。政府间气候变化专门委员会指出,因化石燃料使用引起的 CO₂ 排放增加是导致气候变化的重要原因。观测事实表明,大气中 CO₂ 浓度已从工业革命前的 280 ppmv 上升到 2013 年的 400 ppmv,在一系列情景模式下,全球地表平均温度会持续上升,在 2016-2035 年将比 1986-2005 年升高 0.3℃至 0.7℃,到 2100 年可能上升超过 2℃。由此可见,全球气候变化,特别是 CO₂ 排放导致的气候变暖已影响到人类自身的生存和发展,并由科学问题演变为经济与政治问题,发展低碳经济逐渐在世界范围内达成共识。

面对日益严重的气候变暖问题,如何控制和减缓温室气体排放在全球范围内受到了高度重视。要很好地应对这一问题,需要世界各国的通力合作。联合国作为重要的国际组织之一,在应对温室效应带来的气候变化方面起到了积极作用。

1984 年，由世界气象组织（WMO）和联合国环境规划署（UNEP）联合成立联合国政府间气候变化专门委员会（简称 IPCC），主要职责是评估有关气候变化问题的科学信息以及评价气候变化所带来的环境和社会经济后果。1992 年，153 个国家和欧共体在联合国环境与发展大会上签署通过《联合国气候变化框架公约》（United Nations Framework Convention on Climate Change），成为国际社会应对全球气候变化问题的第一个国际协议。而后，联合国气候变化大会通过并实施了一系列诸如《京都议定书》、《德里宣言》、“巴厘岛路线图”、《哥本哈根协议》等政策和协议，在促进全球的低碳发展方面发挥着重要作用。除国际组织外，世界众多国家也纷纷将发展低碳经济作为本国的最佳发展模式，英国、欧盟、日本、美国、中国等国也先后对各自的二氧化碳减排计划做出了具体的规定，在全球范围内掀起了一股“减碳”的热潮。

在世界经济向低碳经济转型之时，中国正处于工业化和城市化快速发展的阶段。2010 年中国的国内生产总值首次超过日本成为仅次于美国的第二大经济体。但这种经济的高速增长是以能源和资源的大量投入为前提。“富煤、少气、缺油”的资源现状使中国以煤为主的能源消费结构在未来 20 年内无法发生根本改变。“经济发展”与“节能减排”二者之间的矛盾在中国将会日益突出。《BP 世界能源统计年鉴》2017 版相关数据表明，中国仍然是世界上最大的能源消费国，2016 年中国能源消费量占全球能源消费量的 23%和全球需求增长的 27%；2016 年 CO₂ 排放量为 91.23 亿吨，占世界碳排放总量的 27.78%，比 2015 年碳排放总量下降了 0.7%，远低于 4.2%的十年平均增速水平。

随着能源与环境问题的日益凸出，中国在经济发展过程中能源消费和碳排放的持续增长必将会遭受国际社会更多的质疑。作为发展中国家，中国并不属于国际社会要求强制减排的国家，但是中国政府始终积极应对全球气候变暖问题，并为此作出努力。如：1998 年签署了《联合国气候变化框架公约》，2002 年批准了《京都议定书》，2007 年正式颁布了应对气候变化的国家方案，2009 年向世界作出承诺：2020 年碳排放强度在 2005 年的基础上下降 40%-45%，并将其作为约束性指标纳入国民经济和社会发展的中长期规划。2014 年国务院办公厅发布了《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》，明确指出要实施能源消耗总量控制目标，推动能源创新发展、安全发展、科学发展。到 2020 年，一次能源消费总

量控制在 48 亿吨标准煤左右，煤炭消费总量控制在 42 亿吨左右。中国计划 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰。由此可见，如何在保证经济稳步增长的同时减少能源消费，并为世界保护环境的大业贡献一份力量已经成为中国政策当局面临的重要任务之一。

1.2 研究目的及意义

“十三五”时期是我国实现控制温室气体排放行动目标的关键时期，党的十八届五中全会通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》，规划中首次提出“实施近零碳排放区示范工程”的概念。

本研究通过借鉴国内外近零碳排放区建设经验，并根据深圳市低碳生态城市建设、产业转型需求、近零碳排放区的发展现状和战略目标，结合深圳市气候特点、经济发展需求、资源环境条件，制定近零碳排放区示范工程的选取原则，探索深圳市近零碳排放区的内涵，确定影响近零碳排放区建设的关键要素以及制定相应的配套管理措施，提出深圳市近零碳排放区示范工程技术及政策支撑体系。开展此项工作的主要意义在于：

实施近零碳排放区示范工程，是对现阶段低碳试点工作的整合提升，有利于低碳技术研究成果的集成推广，能够为实现更高层次“零碳”发展目标探索路径、创新示范和积累经验。开展近零碳排放区示范工程，既是我国低碳发展的名片，也是引领国内城市低碳发展的一项重要创新举措，更有利于探索未来中国碳达峰后的发展模式。

1.3 技术路线

本课题的研究技术路线如图 1-1 所示。

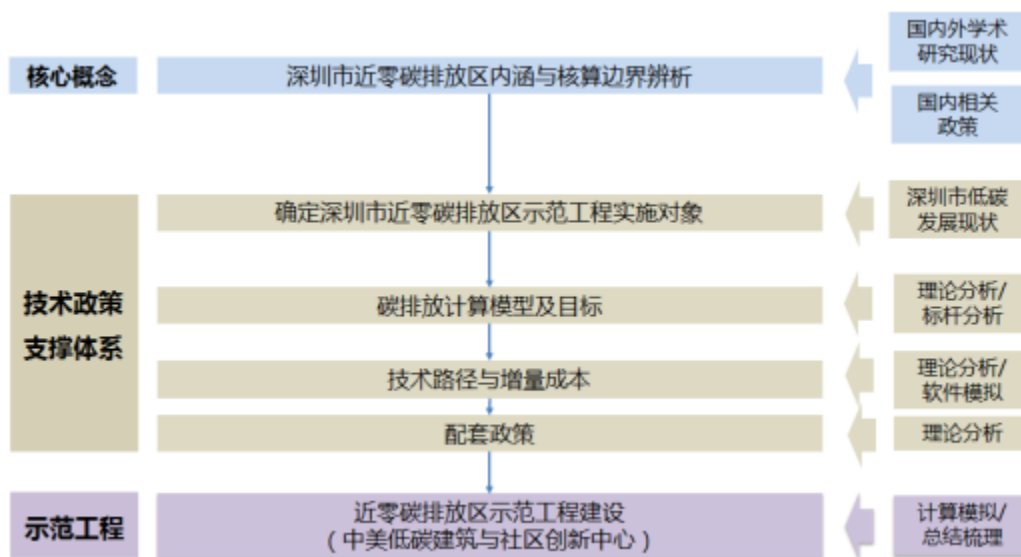


图 1-1 深圳市近零碳排放区示范工程建设支撑体系研究与示范技术路线

本课题采用的研究方法如下：

(1) 资料收集：通过文献资料及深圳市低碳发展文件报告、政策规划等资料收集，了解深圳市碳排放清单、低碳发展建设基础等，掌握深圳市绿色低碳试点城市工作进展现状，梳理深圳市低碳发展各类战略、规划、政策及统计资料数据清单，并对政策措施特征及实施效果有全面深入的总结。搜集和研究国内外近零/低碳排放区的典型案例，总结其在规划、设计、建造、运行等各个环节的先进技术和方法，总结梳理近零排放区的核心要素和实现途径。

(2) 情景预测+模拟分析：结合文献调研及资料数据初步分析情况，依据不同的情景模式对研究对象的碳排放进行预测，进而科学的确定目标值。

1.4 研究内容

本文对国内外近零碳排放区建设情况、相关配套管理措施等进调研，研究建立深圳市近零碳排放区示范工程建设的支撑体系，为深圳市开展近零碳排放区示范工程的建设提供技术支持和政策支持。支撑体系包括：

(1)近零碳排放区内涵和外延的科学分析及碳排放量计算模型的科学确定。本研究拟结合深圳市的区域特点、低碳发展现状，借鉴国内外经验，研究确定深圳市不同类型碳排放区的碳排放主体、碳排放范围和碳排放边界，明确深圳市近零碳排放区的内涵和外延。根据近零碳排放区的内涵和外延，遵循国际公认准则，以范围一（Scope 1）直接排放（指的是由碳排放区直接控制或拥有的排放源所

产生的排放)和范围二(Scope 2)间接排放(指的是碳排放区自用的外购电力、蒸汽、供暖和供冷等产生的间接排放)为计算范围与计算边界,建立深圳市不同类型碳排放区的碳排放计算模型,为深圳市开展近零碳排放区示范工程的试点建设提供理论基础支撑。

(2) 近零碳排放区示范工程建设目标的确定方法与目标值的科学确定。根据深圳市不同类型碳排放区的碳排放计算模型,研究不同类型碳排放区范围一(Scope 1)和范围二(Scope 2)的相关碳排放源的碳减排措施以及预测对应碳减排措施的减排效果,构建深圳市近零碳排放区的碳减排效果预测模型。以此预测模型为基础,针对近零碳排放区的特点,研究相关碳减排路径的经济效益比和经济合理性,同时综合考虑实施对象的资源禀赋,如碳汇资源、碳捕获与封存/利用以及可再生资源利用潜力等,在保证近零碳排放区示范工程实施具可操作性的前提下,构建不同类型近零碳排放区的目标确定方法,如绝对值法,相对值法以及技术措施法等。并利用既有统计数据 and 先进标杆数据,通过情景预测+模拟分析等科学方法确定近零碳排放的目标值,为近零碳排放区试点工程建设目标的科学确定提供方法。

(3) 近零碳排放区示范工程建设的碳减排应用技术体系。针对研究内容①的研究成果所确定的不同类型近零碳排放区的碳减排路径和按照研究内容②的研究成果所确定的碳减排效果预测情景,按减排效果和经济效益比从优的原则进行排序,并结合区域规划、系统化分析等方法构建不同类型近零碳排放区的碳减排的应用技术架构。在此基础上,研究各类碳减排技术的适用性、经济性和可操作性,确定各类碳减排技术的应用方法、流程和技术要点,构建深圳市近零碳排放区示范工程建设的碳减排应用技术体系。

(4) 近零碳排放区示范工程建设的政策配套体系。开展近零碳排放区示范工程建设除了探索技术的可行性外,还需要创新性的政策予以保障。研究示范工程建设所需要的政策配套措施,包括但不限于:一是示范工程建设申报管理办法,包括申报流程、申报材料以及验收标准等;二是政府财政补贴标准的科学确定方法、补贴额度以及发放的形式等;三是近零碳排放区示范工程建设与运营管理全过程的政府行政管理制度;四是近零碳排放区示范工程容积率奖励政策;五是近零碳排放区示范工程建设效果评估配套措施等。

第二章 研究现状调研

2.1 国内政策调研

2.1.1 各省市对近零碳排放区的政策

1、2015 年相关政策

2015 年 10 月，党的十八届五中全会通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》，在该建议中，坚持绿色发展，着力改善生态环境章节中提到“主动控制碳排放，加强高能耗行业能耗管控，有效控制电力、钢铁、建材、化工等重点行业碳排放，支持优化开发区域率先实现碳排放峰值目标，实施近零碳排放区示范工程。”，是首次提出“实施近零碳排放区示范工程”的概念。

广东省积极响应国家政策，在 2015 年末在《中共广东省委关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》中明确了“珠三角地区实施近零碳排放区示范工程”。在随后的《2016 年广东省政府工作报告》中还设置了“在珠三角地区实施近零碳排放区示范工程，加快国家低碳试点建设”的重点项目。

2、2016 年相关政策

2016 年 4 月，广东省人民政府办公厅关于印发《实施珠三角规划纲要 2016 年重点工作任务》的通知，在《重点工作任务》中，明确指出要实施近零碳排放区示范工程，建立碳排放总量和强度双控工作机制，推动各市编制“碳规”。

2016 年 9 月，北京市发布《“十三五”时期新能源和可再生能源发展规划》，在《规划》中指出要打造能源高端应用示范区，推广太阳能与建筑一体化应用，运用楼宇管理与能源运行信息智慧调节技术，实现新能源和可再生能源与常规能源系统的智能耦合运行到 2020 年，行政办公区率先建成“近零碳排放示范区”

2016 年 10 月，国务院印发的《“十三五”控制温室气体排放工作方案》明确提出“创新区域低碳发展试点示范。选择条件成熟的限制开发区域和禁止开发区域、生态功能区、工矿区、城镇等开展近零碳排放区示范工程，到 2020 年建设 50 个示范项目”。

2016 年 12 月，陕西省发展和改革委员会发布了《陕西省发展和改革委员会关于组织开展近零碳排放区示范工程试点的通知》（陕发改气候〔2016〕1691 号），在通知中提出了：“十三五”期间，重点在**工矿区、农业园区和民用建筑**三个领域进行试点示范，并提出了在三个领域的近零碳建设目标。

3、2017 年相关政策

2017 年 1 月，广东省发布《广东省近零碳排放区示范工程实施方案》，指出广东省至 2020 年，近零碳排放试点优先在**城镇、建筑、交通、城市和农村社区、园区、企业等六个领域开展**。

2017 年 3 月，云南省发布《云南省“十三五”控制温室气体排放工作方案》，在《工作方案》中提出选择条件成熟的限制开发区域和禁止开发区域、生态功能区、工矿区、城镇等开展近零碳排放区示范工程，到 2020 年争取建设 3 个示范项目。

2017 年 4 月，上海市发布《上海市节能和应对气候变化“十三五”规划》、《上海市 2017 年节能减排和应对气候变化重点工作安排》，在文件中指出试点探索开展近零碳排放示范区建设的方案研究。

2017 年 11 月，浙江省发布《开展第二批省级低碳试点工作的通知》，**选择在城镇、园区、社区和交通等领域**，选择一批具有良好的低碳工作基础，减碳潜力较大、有一定示范带动作用的主题开展近零碳排放区示范工程试点。

2.1.2 小结

通过对国家及各省市的政策进行调研分析，可知：

1、国家 2015 年 10 月在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》首次提出了近零碳排放区示范工程的概念及发展要求，国内多个省市积极响应，在相应的十三五规划等政策文件中陆续提出了建设近零碳排放区的要求，未来在十三五中，发展和建设近零碳排放区将成为我国节能减排的重点工作之一；

2、近零碳排放示范工程在**低碳研究的基础上**进一步进行提升，并努力向零碳排放努力；

3、在《“十三五”控制温室气体排放工作方案》中给出了实施近零碳排放区

的对象：重点选择基础条件好的区域，优先开展示范工程建设。

4、国内目前对近零碳排放区的建设出台了很多政策，但是相关的学术研究成果较少，目前已知开展相关研究工作仅有国家发改委气候司、广东省发改委、浙江省发改委及部分学者，但是研究还处在初期，更多的在于理论研究及如何遴选示范试点。

2.2 国内外研究现状调研

2.2.1 碳排放核算研究现状

城市温室气体清单核算中的温室气体种类主要包括六类：二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳、六氟化硫。

根据丛建辉的《城市碳排放核算的边界界定及其测度方法》，城市温室气体核算的边界界定方法分为以下九种类型：

表 2-1 城市温室气体核算的边界界定方法

序号	边界界定方法	定义	特点
1	①直接排放	①化石燃料消费、工业生产过程和固体废弃物处理产生的排放；	严格按照排放源的地理位置分类，为国家以下各层
	②间接排放	②内部活动引起、来源于城市辖区外的排放。	(如州、省、企业)的碳排放核算规则所通用。学术文献中经常出现的另一种分类方法，即“边界内排放与跨边界排放”，与该方法内涵一致。
2	①组织运营边界	①城市公共部门(包括行政机关、公立学校等)在日常运营中排放的温室气体；	公共部门这一组织的排放是行政地理疆界排放的一部分，之所以将其单独列出，是由公共部门的组织特殊性决定的。
	②行政地理边界	②，主要涵盖来自于居民、工业、商业、交通、废弃物处理等部门的所有排放，实际上就是全市的碳排放量。	

序号	边界界定方法	定义	特点
3	①范围 1	①范围 1：指发生在城市地理边界内的排放，即直接排放，例如生产过程中燃烧煤炭、城市内供暖过程中燃烧天然气、城市内交通造成的排放等。	通过划分排放源的范围以避免重复计算的思想，由世界资源研究所在关于企业温室气体排放清单编制的指南中首次提出。
	②范围 2	②范围 2：指城市地理边界内的活动消耗的调入电力、热力（包括热水和蒸汽）和制冷相关的间接排放。	
	③范围 3	③范围 3：由城市内部活动引起，产生于辖区之外，但未被范围 2 包括的其他间接排放，包括城镇从辖区外购买的所有物品在生产、运输、使用和废弃物处理环节的温室气体排放。	
4	①内部排放	与范围 1、范围 2、范围 3 依次对应	该分类方法的关键价值在于通过定义四种系统边界，提出了一个判别城市具体活动的范围归属的标准：地理边界、时间边界、行动边界、生命周期边界。
	②核心外部排放		
	③非核心排放		
5	①内部过程排放	①指城市消费的产品在城市辖区内的直接排放，包括能源消费、工业生产过程、农业、土地利用变化和林业。	对过程/流程进行分类是基于产品和服务的生命周期视角
	②上游过程排放	②指用于城市消费的产品在生产、加工、运输等供应链上游环节的排放，包括一次能源生产、电力生产及进口的产品和服务。	
	③下游过程排放	③产品在消费以后的处理环节过程中产生的排放，如固体废弃物处理、废水处理	

序号	边界界定方法	定义	特点
		等，另外还包括在城市内部生产，但用于出口的产品和服务所产生的排放。	
6	①生产视角排放	①城市辖区内生产商品和服务产生的温室气体排放，也包括家庭对燃料的最终消费，与前文所述的“直接排放”相对应。	这是三种不同的城市碳排放核算视角，主要是从碳排放责任主体这一角度出发进行考虑的。对于提取排放，由于在世界范围内，燃料的生产地有限，因此该方法的主要优势在于将减排工作限定在对少数几个参与者的规制中，从而能够提高减排效率。不过，该方法仅能从全球布局，离可操作性还有一段距离。
	②消费视角排放	②城市辖区内各种主体(政府、企业、居民) 消费商品和服务的行为导致的温室气体排放，其排放源可以来自城市地理边界内，也可以来自地理边界外。	
	③提取排放	③区分了产品(和服务) 贸易的隐含排放与燃料贸易的隐含排放，将产品和服务的碳排放追溯到上游过程的最初燃料提取环节	
7	①直接排放	①生产和消费都发生在城市辖区内的排放，比如家庭、商业和工业部门的能源消耗引发的排放;	这一边界划分方法所依据的是生产活动与消费活动的发生地点相对于城市的位置。
	②应负责的排放	②在城市内部生产但在城市以外的地方消费此类活动的排放，比如用于出口的制造业产品;	
	③被认定排放	③指生产设施在外地，但供本地消费的排放，如城市进口的消费品。	
	④物流排放	④产品的生产与消费都不在本地，只是通过该市转运，比如过境贸易品在城市内部产生的排放。	
8	城市碳足迹	①广义的城市碳足迹：指的是城市各种活	“碳足迹”一词源于生态足

序号	边界界定方法	定义	特点
		动产生的碳排放，实际上即是城市碳排放总量，包括城市内的直接和间接碳排放、城市之间调入调出和进出口活动的碳排放，因此可以从多个角度进行分拆，如直接碳足迹、间接碳足迹、生产视角碳足迹、消费视角碳足迹等。	迹，其本身有多种定义方法，根据对碳足迹研究对象和研究尺度等的不同，碳足迹的分类也不尽相同，存在个人碳足迹、产品碳足迹、企业碳足迹、区域碳足迹等四类研究方向。
		②狭义的城市碳足迹：与消费视角核算出的碳排放基本等价，它着眼于一个城市为满足最终需求所产生的完全碳排放，指某一年中该城市在城市建设、城市运行以及城市居民消费过程中引起的本地和外地所有前项投入环节和后项处理环节产生的碳排放之和，可表示为这个城市直接排放总量减去出口(调出)引起的本地碳排放加上进口(调入)并用于本地最终使用活动的产品引起的外地碳排放。	
9	城市基础设施供应链碳足迹	在生产视角排放基础上，将城市进口的重要物质材料等跨边界“核心基础设施”的生命周期排放计算在内，但不包含家庭消费的其他非基础设施排放以及服务于当地工业部门的非核心基础设施生命周期排放。	测度该部分排放的第一步即是判断哪些基础设施属于“核心基础设施”，一般标准是：城市 GDP 与该基础设施所供应的产品和服务正相关，与该基础设施生产并出口的产品与服务相关度低或不相关。

根据白卫国的《中国城市温室气体清单研究进展与展望》，国际（国内）机构组织、科研院所纷纷参与温室气体排放清单编制方法学研究，经过十多年探索，已形成相对规范、较强影响力的两个大类别。一个类别是从地域来讲，有《IPCC

国家温室气体清单编制指南》、《ICLEI 指南》、《GRIP 温室气体地区清单议定书》和《省级温室气体清单编制指南》；另一个类比从标准和规范来说，有《企业温室气体清单指南》、《ISO14064 系列标准》、《PAS2050 指南》、《标准 PAS2060》。温室气体清单编制方法学主要如下表所示。

表 2-2 主要温室气体清单编制方法学一览表

序号	指南名称	开发机构	目的	编制模式	适用范围	应用
1	IPCC 国家温室气体清单指南	政府间气候变化专门委员会	为不同国家和地区温室气体清单比较提供核算口径基本一致的框架和方法	生产	国家及地区	148 个缔约国的大部分国家信息通报
2	ICLEI 指南	国际地方环境理事会	明晰主要温室气体排放源，进行国内外比较，明确发展重点，制定低碳路线图	生产+消费	城市	世界 1200 个城市及地区
3	GRIP 温室气体地区清单议定书	英国曼彻斯特大学	为政府统计监测温室气体排放，城市之间和年度之间比较，充分挖掘减排潜力，提供依据	生产+消费	城市	欧洲 18 个城市及地区
4	省级指南	中国国家发改委	摸清省域温室气体排放状况，以落实控制温室气体排放中长期规划分解指标工作	生产+消费	地区（省级）	中国试点省域
5	企业温室气体清单指南	世界资源研究所/世界可持续发展工商理事会	将企业温室气体排放加入会计报表，是许多行业、企业等组织温室气体行动计划的基础	生产+消费	企业	企业、行业

6	ISO14064 系列标准	国际标准化组织	强调标准的要求，至于如何达成这些要求只是给出一般性的指导意见	生产+消费	企业、项目	企业、项目
7	PAS2050 指南	英国标准协会	核算产品或服务的全生命周期——从原材料到生产（或服务供给）的各个环节的分配、使用和回收处置的温室气体排放	生产+消费	产品、服务	英国、中国台湾、加拿大、韩国等推出碳标识
8	标准 PAS2060	英国标准协会	对试图通过量化、减少和抵消源自特定目标的温室气体排放的方式证明碳中和的任何实体，明确规定需满足的要求	生产+消费	国家、社区、组织、公司、家庭、个人等	各种类型的组织及各种主题

其中，温室气体排放编制模式分为生产模式和消费模式：生产模式是指在清单边界内生产商品和服务产生的温室气体排放，即直接排放；消费模式是指由于清单边界内消费商品和服务导致清单边界外的温室气体排放，即间接排放。

虽然温室气体指南将消费视角列入方法学，但是在实际应用过程中很难核算，总体而言，生产视角排放核算方法成熟，消费视角排放属于目前理论探讨的热点和前沿领域，提取排放仅仅停留在概念提出阶段。

直接排放/范围 1 排放/内部排放/内部过程排放/生产视角排放的核算范围和领域是相同的，分歧较小；间接排放，即从消费视角的碳排放，主要包括范围 2 碳排放与范围 3 碳排放，在核算实践中，关于间接碳排放的分歧比较大，从下表可以看出，间接碳排放中均将外调电力、热力和制冷部门列入核算范围（来自丛建辉的《城市碳排放核算的边界界定及其测度方法》）。

表 2-3 间接排放核算在不同城市清单指南中的比较

序号	标准	必须列入	选择列入或信息项	未包含
1	GRIP (2010)	A-E	——	F-L
2	BEI (2010)	A-B	D、E	C、F-L
3	IEAP (2009)	A-E	F、J、K	G、H、I、L
4	ISC (2010)	A-F	G-K	L
5	GPC (2012)	A-F	G-L	——
6	中国省级温室气体清单编制指南 (2011)	A-B	F	C-E、G-L
7	中国城镇温室气体清单编制指南 (2013)	A-B	F	C-E、G-L

注：A、外调电力；B、供热与制冷；C、电力输配损失；D、跨界固体废弃物处理；E、跨界废水处理；F、跨界水运和航空；G、购入的食品；H、购入的建筑物原料；I、购入的水；J、上游发电厂的隐含排放；K、燃料提取；L、其他购入产品的隐含排放。

2.2.2 近零碳排放区相关研究现状

2.2.2.1 国外研究现状

国外关于零能耗建筑的研究较早，针对欧洲诸多偏远建筑物无法与区域热网和电网相连接的情况，1992 年，德国 Fraunhofer 太阳能研究所的 Voss. K，等通过使用太阳能光热光电技术对德国一栋建筑物进行供热供暖，并进行了为期 3 年的检测研究发现：在气候较为温和的欧洲部分地区，通过精心设计可以使建筑物全年总能耗降低到 10kWh /m² 以下，且建筑物所有能耗需求可以由太阳能提供。Voss. K 由此提出“无源建筑”(Energy Autonomous House, 也称 Self-sufficient Solar House)，即无需和外界能源基础设施相连，通过太阳能光热光电系统与蓄能技术集成应用，保证建筑所有时段能源供应的建筑。“无源建筑”要求建筑物在以年为时间单位的时段内达到能量或排放量中和。

考虑到建筑物与电网连接的情况，Voss.K 等结合太阳能光电技术发展，进一步提出定义“零能耗建筑”(Zero-energy building)，其定义为：自身可发电，通过

与公共电网相连，既可以将建筑物发电上网也可以使用电网为建筑物供电，在以年为单位的情况下，一次能源产生和消耗可以达到平衡的建筑物。

Kilkis.S 等认为，仅仅使建筑物达到零能耗并不能解决由建筑物耗能引起的全球变暖问题，研究零能耗建筑，除了应该考虑数量平衡外，还应该考虑质量平衡，即引入“焓”的概念。假设一栋零能耗建筑与区域能源系统相连，可以从区域能源系统中获得高温热水和电能，也可向区域管网提供同等能量的低温热水和电能，其获取和提供的热量的“焓”值并不平衡，这样建筑物仍然会对环境产生负面影响。因此 Kilkis 定义了“净零焓建筑”（Net Zero Exergy Building）：在区域能源网中，在特定时间段内，建筑与能源系统互相输入输出的焓值为零的建筑物。

Torcellini 等通过分析，总结了 4 类常见“零能耗建筑”定义，即“净（现场）零能耗建筑”（Net Zero Site Energy）、“净（一次）零能耗建筑”（Net Zero Source Energy）、“净零能耗账单建筑”（Net Zero Energy Cost）、“净零排放建筑”（Net Zero Energy Emission）。净（现场）零能耗建筑：以年为时间单位，以建筑所消耗的能源类型进行衡量，其本身产生的能量应等于或多于其消耗的能量。净（一次）零能耗建筑：通过使用合理的转换系数将建筑用能与一次能源进行核算，建筑本身产生的能量应等于或多于其消耗的能量，即为净（一次）零能耗建筑。净零能耗账单建筑：以年为时间单位，建筑向能源服务公司输送能源，能源公司支付给建筑所有者的费用等于或多于建筑所有者支付给能源服务公司能源账单的费用的建筑。净零排放建筑：建筑物产生的可再生能源的能量应等于或多于其消耗的排放温室气体的一次能源的建筑。

总之，“零能耗建筑”一词及相关定义从最早提出，到被各国科研界广泛重视、国际组织试图通过国际合作对其进行统一定义，经历了 30 余年的发展过程。随着太阳能供热技术、太阳能光电技术、建筑蓄能技术、区域蓄能技术、能源管理系统等技术的不断升级，定义的内涵和外延也在不断变化。综合来看，由于欧美建筑类型特点，“零能耗建筑”一词大多数情况下指低层（3 层及以下）居住建筑，其能耗计算都以建筑物供暖供冷能耗为主，部分国家的定义考虑了照明和家电能耗。相关定义中英文及所指建筑类型以及能耗计算范围比对见表 2-4。

表 2-4 零能耗建筑及相关定义一览表

国家 (联盟)	定义名称		建筑类型			能耗计算范围		
	英文	中文	低层 居住 建筑	多/高 层居 住建 筑	公 共 建 筑	供 暖	供 冷	照明、 家电、 热水
丹麦	Zero energy house	零能耗住宅	√	×	×	√	×	×
德国	Energy Autonomous House	无源住宅	√	×	×	√	√	√
德国	Zero-energy building	零能耗建筑	√	√	√	√	√	√
德国	Passive House	被动房	√	√	×	√	√	×
瑞士	Minergie	迷你能耗房	√	×	×	√	√	×
意大利	Climate House	气候房	√	×	×	√	√	×
加拿大	Net zero energy solar communities	零能耗太阳能社区	√	×	×	√	√	√
美国	zero energy home	零能耗住宅	√	×	×	√	√	√
美国	zero energy building	零能耗建筑	×	√	√	√	√	√
美国	zero-net-energy commercial building	净零能耗公共建筑	×	×	√	√	√	√
欧盟	nearly zero-energy buildings	近零能耗建筑	√	√	√	√	√	√

英国	Zero-Carbon Home	零碳居住建筑	√	×	×	√	√	√
比利时	Low-energy house	低能耗居住建筑	√	√	×	√	√	×

通过上表可以看出，国外研究多以居住建筑为主，因为居住建筑用能特点明显，能耗强度不大，因此比较容易实现零碳的目标；而公共建筑用能复杂，相对比较难实现零碳目标且成本较高，因此提出近零碳（能耗）的概念。

对于“近零能耗建筑”，各国定义不同，如德国的“被动房”（Passive House，也翻译为微能耗建筑、零能耗建筑），指在满足规范要求的舒适度和健康标准的前提下，全年供暖通风空调系统的能耗在 $0\sim 15\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 的范围内、建筑物总能耗低于 $120\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 的建筑；瑞士的“近零能耗房”(Minergie，也称迷你能耗房，或迷你能耗标准)，要求按此标准建造的建筑其总体能耗不高于常规建筑的 75%，化石燃料消耗低于常规建筑的 50%；意大利的“气候房”(Climate House, Casaclima)，指全年供暖通风空调系统的能耗在 $30\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 以下的建筑。

虽然各国对“近零能耗建筑”定义和技术路径都不同，但大多数国家还是给出了相对明晰的发展目标，发展目标主要针对新建建筑，具体如表 2-5 所示，通过该表可以看出各主要国家对于建筑物节能减排迈向零能耗建筑的规划时间和目标不尽相同，通常情况按照优先低层居住建筑、随后多层高层居住建筑、最后公共建筑的时间表进行。

表 2-5 不同国家近零能耗建筑目标

国家/城市	时间	近零碳/能耗目标
丹麦	2020	建筑能耗比当前（2007）标准降低 75%
法国	2020	所有新建建筑达到能源正性（energy positive），即生产的能源要比其消耗的多
德国	2020	新建建筑运营不使用化石能源
匈牙利	2020	对建筑强制执行零排放标准
荷兰	2020	达到能源中性

英国	2016	供暖负荷低于 $15\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 建筑达到零碳排放(含所有用电设备)
挪威	2014	所有建筑达到被动房标准
美国	2030	所有新建公共建筑达到近零能耗
比利时	—	全年供暖供冷能耗小于 $15\text{kWh}/\text{m}^2$, 且所有能耗都由使用现场可再生能源满足。
伦敦	2016	城市碳排放减少 40%
悉尼	2030	温室气体排放较 2006 年减少 70%
哥本哈根	2025	实现无化石燃料
波特兰	2050	碳排放减少: 建筑能耗占 30%, 城市形态与机动车占 10%、减少浪费占 20%
首尔	—	能源需求减少 50%、新能源与可再生能源利用占 40%、温室气体排放减少 65%

一些国家采取绝对值法对建筑能耗降低进行要求, 一些国家采取提升建筑节能标准目标法对零能耗建筑发展进行规划, 部分国家也采用在原来能耗基础上提出降低比例的要求(相对值法), 图 2-1 为几种方法的占比分布。

通过对国外研究现状的调研可知, 国外的研究起步较早, 并随着研究的不断深入, 逐渐由“零能耗”向“近零能耗”转变, 这主要是由于“零能耗建筑”在实现上还较为困难且成本较高, 因此提出更加广泛的可实施的“近零能耗建筑”, 这也是我国提出建设近零碳排放区的原因, 降低要求, 鼓励社会努力向零碳的方向迈进, 为我国早日达峰创造条件。同时根据世界各国所制定的目标可知, 在制定近零能耗/碳的目标时, 可以以多种形式, 对于好计量统计的, 可以采用绝对值法, 对于统计难度大、碳源种类多时, 则采用相对值法或者技术措施法。

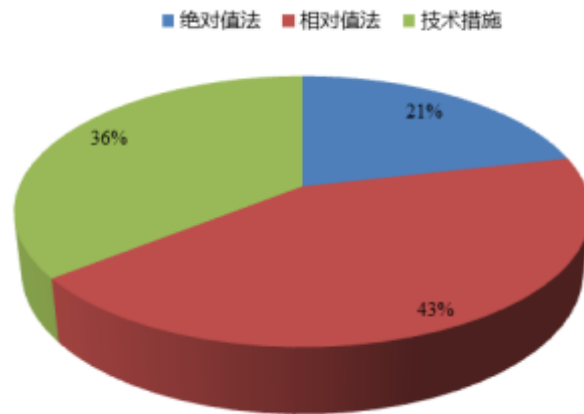


图 2-1 国外近零能耗建设目标形式占比

2.2.2.2 国内研究现状

近零碳排放示范工程是“十三五”规划纲要确定的重要任务，对于探索经济发展与碳排放脱钩的近零碳发展模式具有重要意义，要加快推进近零碳排放示范工程建设。实施近零碳排放区示范工程是我国实现绿色低碳发展的重要创新举措。2015 年，党的十八届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十三个五年规划的建议》中首次提出实施近零碳排放区示范工程。其后，国务院印发的《“十三五”控制温室气体排放工作方案》中明确提出“选择条件成熟的限制开发区域和禁止开发区域、生态功能区、工矿区、城镇等开展近零碳排放区示范工程，到 2020 年建设 50 个示范项目”。

《广东省近零碳排放区示范工程实施方案》提出“近零碳排放区示范工程”定义：近零碳排放区示范工程是指基于现有低碳试点工作基础、涵盖多领域低碳技术成果，在工业、建筑、交通、能源、农业、林业、废弃物处理等领域综合利用各种低碳技术、方法和手段，以及增加森林碳汇、购买自愿减排量等碳中和机制减少碳排放，在指定评价范围内的温室气体排放量逐步趋近于零并最终实现绿色低碳发展的综合性示范工程。

《陕西省发展和改革委员会关于组织开展近零碳排放区示范工程试点的通知》（陕发改气候〔2016〕1691 号）提出“近零碳排放”定义：近零碳排放是指通过统筹规划，推动产业低碳循环发展，建设清洁低碳能源体系，应用减源增汇、绿色能源替代、碳产品封存及生态碳汇补偿等综合措施，不产生或抵消碳源产生的二氧化碳排放。

《浙江省发展改革委关于开展第二批省级低碳试点工作的通知》提出“近零碳排放区示范工程”定义：近零碳排放区示范工程指综合利用各种低碳技术、管理、市场等手段，实现试点边界内温室气体排放量逐步趋近于零，并推动绿色低碳发展的综合性示范工程，选择在城镇、园区、社区和交通等领域，选择一批具有良好的低碳工作基础，减碳潜力较大、有一定示范带动作用的主体开展近零碳排放区示范工程试点。

《中山市近零碳排放区示范工程试点建设指南》提出“近零碳排放区示范工程”定义主要参考《广东省近零碳排放区示范工程实施方案》中的定义。

中国循环经济协会在《关于开展首批近零碳排放示范区示范工程建设的通知》（征求意见稿）提出“近零碳排放区示范工程”定义：近零碳排放区示范工程是指在一定区域范围内，通过开展涵盖产业、能源、交通、建筑、消费、生态等多领域技术和管理创新的集成应用示范，实现该区域内碳排放总量逐步趋近于零，低碳发展水平达到国内领先的综合性示范工程。具备系统性、创新性、可核查、可持续、可推广的特性。2017年9月13日，中国循环经济协会在北京召开近零碳排放区示范工程方案研究专题研讨会，地方领导与行业组织和企业的专家参加会议。各地方代表与专家简要阐述了开展“近零碳排放区示范工程”的重要意义、总体定位、指标体系、建设任务、现状问题、下一步工作开展等内容，对“近零碳排放区”的认识以及发展“近零碳排放区”的典型实践案例和技术路径等进行分析，并提出了工作开展存在的问题及政策需求。

大唐研究院认为“近零碳排放区示范工程”的定义应该与“近零碳排放”既有联系，也有区别。概括而言，近零碳排放强调的是各类先进绿色技术的创新与应用，而近零碳排放区示范工程则更加关注技术方案和发展模式的融合，强调的是规划引导与全面统筹。总体上来说应为技术方案、发展模式、人类行为、金融特性的整体融合，是建立在全面统筹规划基础上，以先期顶层设计为指导的集合体，有一定的具象性和综合性。而近零碳排放则聚焦在具体实施方案上，以各类先进技术、循环经济、用能方式等为操作手段，为近零碳排放区示范工程提供理论和技术实现上的支撑。近零碳排放区示范工程中“区”的范围是实现可计量、可评估的重要因素，划分“区”的同时要充分考虑近零碳排放区示范工程的性质（生产、生活、生态等）和尺度。

中国社会科学院城市发展与环境研究所课题组对低碳排放、零碳排放、近零碳排放的概念进行了辨析，考虑到示范的意义以及遴选指标的数据支撑条件，建议近零碳排放示范区的地域以中等范围为宜，即以县(县级市/区)级行政区划范围为宜。遴选应遵循低碳水平先进性、区域平衡性、类型多样性的原则。

目前，“近零碳排放”还没有统一的定义，由于国际和国内低碳发展的总体政治经济环境，“近零”的指标也难以确定。对比上述文件研究中近零碳的定义，可以看出针对近零碳排放区的定义、特性、排放领域不尽相同。

表 2-6 近零碳排放区相关文件与研究综合对比

序号	文件名称	定义是否明确	特性	实施对象	目标	技术方法
1	《“十三五”控制温室气体排放工作方案》	否	——	选择条件成熟的限制开发区和禁止开发区域、生态功能区、工矿区、城镇等开展近零碳排放区示范工程	到 2020 年建设 50 个示范项目	——
2	《广东省近零碳排放区示范工程实施方案》	是	综合性	城镇、建筑、交通、城市和农村社区、园区、企业	在指定评价范围内的温室气体排放量逐步趋近于零并最终实现绿色低碳发展的综合性示范工程	综合利用各种低碳技术、方法和手段，以及增加森林碳汇、购买自愿减排量等碳中和机制减少碳排放
3	《陕西省发展和改革委员会关于组织开展近零碳排放区示范工程试点的通知》	是	——	工矿区、农业园区和民用建筑	①工矿区：示范工程可再生能源消费及余热余气余压等能源循环利用占到能源消费总量的 60%以上；能耗强度和碳排放强度均为全省同行业平均水平的 30%以下 ②农业园区：生产设施实现全部可再生能	应用减源增汇、绿色能源替代、碳产品封存及生态碳汇补偿等综合措施

序号	文件名称	定义是否明确	特性	实施对象	目标	技术方法
					源供电及供暖 ③民用建筑：供暖、制冷、照明三项消耗 小于 25 千瓦时/平方米•每年	
4	《浙江省发展改革委关于开展第二批省级低碳试点工作的通知》	是	——	选择在城镇、园区、社区和交通等领域	实现试点边界内温室气体排放量逐步趋近于零，并推动绿色低碳发展的综合性示范工程，选择一批具有良好的低碳工作基础，减碳潜力较大、有一定示范带动作用的主体开展近零碳排放区示范工程试点	综合利用各种低碳技术、管理、市场等手段
5	《中山市近零碳排放区示范工程试点建设指南》	是	——	城镇、建筑、社区、园区、企业	实现指定评价范围内温室气体排放量逐步趋近于零，对于试点示范的可行性评估，主要分为定量评估指标和定性评估指标两个方面。	从能源、工业、建筑、交通、垃圾分类、低碳管理体系、生态宜居环境等方面入手
6	中国循环经济协会《关于开展首批近零碳排放示	是	具备系统性、创新性、可核	涵盖产业、能源、交通、建筑、消费、生态等多领域	实现该区域内碳排放总量逐步趋近于零，低碳发展水平达到国内领先的综合性示范工程	开展技术和管理创新的集成应用示范

序号	文件名称	定义是否明确	特性	实施对象	目标	技术方法
	范区示范工程建设的通知》		查、可持续、可推广的特性			
7	大唐研究院《近零碳排放示范工程概念及路径研究》	是	具象性和综合性	近零碳排放区示范工程中“区”的范围是实现可计量、可评估的重要因素,划分“区”的同时要充分考虑近零碳排放区示范工程的性质（生产、生活、生态等）和尺度	在区域内经济社会持续健康发展的基础上，碳排放总量不断减少且趋于零	以各类先进技术、循环经济、用能方式等为操作手段，为近零碳排放区示范工程提供理论和技术实现上的支撑
8	中国社会科学院城市发展与环境研究所课题组《近零碳排放示范区的内涵与其路径分析》	是	低碳水平先进性、区域平衡性、类型多样性	建议近零碳排放示范区的地域以中等范围为宜,即以县(县级市/区)级行政区划范围为宜	实现净碳排放总量接近于零的目标，且其减少碳排放的模式可复制、可推广的典型区域	减源、增汇、贡献零碳能源

广东省和浙江省对各个实施对象提出了相对明确的筛选要求，具体如下表。可以看出，广东省对于近零碳排放区域的申报指标有较为明确的规定，浙江省的相对来说偏定性，这与浙江省方案鼓励区域自行开展试点、没有资金奖励可能有较大关系。

表 2-7 广东省与浙江省近零碳排放实施对象的要求对比

	广东省	浙江省
近零碳排放城镇	申报主体为该行政区域的政府机关或管理机构，并征得所在地级以上市政府的同意，具有较好的低碳工作基础，区域人口密度 ≥ 800 人/平方公里，建成区人均公园绿地面积 ≥ 20 平方米，可再生能源占比 $\geq 5\%$ ，单位 GDP 碳排放强度 ≤ 0.64 吨二氧化碳当量/万元，人均碳排放量 ≤ 4.31 吨二氧化碳当量/人·年。	申报主体为镇(乡、街道)、特色小镇的政府机关或管理机构。要求低碳工作基础较好，低碳发展基础设施较好，相比其他城镇碳排放总量较低，常住人口密度大于等于 600 人/平方公里或者总人口大于等于 2 万人(限制开发区域、禁止开发区域和生态功能区内的城镇、特色小镇可适当降低)。优先考虑限制开发区域、禁止开发区域和生态功能区内的城镇、特色小镇。
近零碳排放园区	申报主体为园区管委会或经济开发区管委会，具有较好的低碳工作基础，工业和商贸园区完成建设投资额 ≥ 10 亿元，农业园区规模 ≥ 1000 亩，可再生能源占比 $\geq 5\%$ ，工业园区固体废弃物处置利用率 $\geq 50\%$ ，工业用水重复利用率 $\geq 65\%$ 。	申报主体为园区管委会或经济开发区管委会。要求为省级及以上级别园区，以发展节能环保等绿色产业为主导。已建园区要求低碳工作基础较好，具有良好的低碳基础设施，能源消费以电力或天然气为主。新建园区要求总拟建设投资额大于等于 10 亿元，能基本实现近零碳排放。园区规模较大的，也可将其部分区域作为申报试点范围。优先考虑限制开发区域、禁止开发区域和生态功能区内的园区。
近零碳排放社区	申报主体为社区居委会、村委会、开发商或物业公司，具有较好的低碳工作基础，社区绿地率 $\geq 30\%$ ，可再生能源占比 $\geq 5\%$ ，居住小区单位建筑面积能耗 ≤ 40 千瓦时/平方米·年，农村社区要基本完成农村环境综合整治任务。	申报主体为居委会、村委会、开发商或物业公司。要求低碳工作基础较好;低碳发展基础设施较好，社区绿地率较高，单位建筑面积能耗较低，相比其他社区碳排放总量较小。
近零碳排放交通	申报主体为交通管理部门或交通行业企事业单位，具有较好的低碳工作基础，能源消费以电力、天然气为主，可再生能源占比 $\geq 5\%$ 或获得绿色港口、绿色公路、绿色站场等绿色交通示范项目名称。	申报主体为交通管理部门或从事交通行业的企事业单位。要求低碳工作基础较好、低碳发展基础设施较好、能源消费以电力或天然气为主、单位交通运输能耗较低、相比同类型企事业单位碳排放量较小。优先考虑以电动新能源汽车为主的公共交通、出租车和汽车租赁等企

		事业单位，以及绿色港口、绿色公路、绿色站场等绿色交通示范项目。
近零碳排放建筑	申报主体为建筑项目开发商、业主或具体管理运营单位(要求提供项目产权或授权证明),具有较好的低碳工作基础,单体建筑工程建筑面积 ≥ 5000 平方米,建筑群体工程建筑面积 ≥ 1 万平方米,获得绿色建筑三星或可再生能源占比 $\geq 5\%$ 。	——
近零碳排放企业	申报主体为在广东省内注册、具有独立法人资格的企事业单位,具有较好的低碳工作基础,年营业收入 ≥ 2000 万元,可再生能源占比 $\geq 5\%$,能源消费以电力、天然气为主,单位产值或产品碳排放强度与国内同行业企业平均值相比低 20%以上。	——

2.3 国内外建设案例

2.3.1 国外建设案例

对国外近零碳、零碳的相关案例进行调研,主要调研了英国的贝丁顿零碳社区、丹麦森讷堡零碳城区,马斯达尔零碳城、韩国的绿色明天以及百富阁再生能源中心零碳建筑。

2.3.1.1 贝丁顿零碳社区

(1) 项目概况

伦敦贝丁顿零碳社区,位于伦敦西南的萨顿镇,占地 1.65 公顷,包括 82 套公寓和 2500 平方米的办公和商业面积,于 2002 年完工。社区内通过巧妙设计并使用可循环利用的建筑材料、太阳能装置、雨水收集设施等措施,被当成英国,甚至全世界零耗能社区和生态建筑发展的典范之一,也曾获得可持续发展奖,被列入“斯特林奖”候选名单。

项目建在一个废弃的污水处理厂上。地块临近南伦敦最大的一片绿地,周边以轻轨为主的公共交通非常便利,靠近地铁站及汽车站,这些都为社区的可持续

发展提供了条件。该项目选择重新利用废旧工业用地，除了能降低造价外，还能够减少对农业和森林用地的使用，可以将更多良好的自然场地留给绿化带、森林建设，或者用作农业用地。

（2）应用的技术措施及运行效果

1) 低成本绿色建筑建设

场地的南北朝向使得 BedZED 能充分使用太阳能。联排住宅的南北向间距经过精心设计安排，保证每栋建筑南向的房屋都有充足的日照时间（南向为住宅空间，北向为工作空间）。

BedZED 采用联排住宅的形式，其紧凑的形体减少了建筑的外表面积，进而降低了散热；屋面、外墙和楼板选用了 300 毫米厚的绝热材料，窗户选用内充氩气的三层玻璃，窗框选用木材以减少传热。退台的建筑形体减少了建筑之间的遮挡，能使建筑获得更多的太阳热能及采光。



图 2-2 贝丁顿社区全貌



图 2-3 贝丁顿社区联排住宅实景图

在室内布局上，办公室在底层南向住宅平台下的阴影区内，避免了夏季阳光直射，减少了空调的使用，而在冬天即使太阳入射角度较低，也能获得充分的日照以及自然光。

在建材的选择上也坚持着两大标准。首先，当地获取 75% 以上的建筑材料从场地 35 英里范围内获得，这样大大减少了因为长途运输所带来的负面环境影响。其次，大量使用在制造过程中能耗较少的建材和回收再生材料，项目中 15% 的建筑材料为回收或再生材料。

2) 零能耗采暖系统

英国夏季温度适中，但冬季寒冷漫长，有大约半年为采暖期。针对这一特点，在贝丁顿项目中，通过各种措施减少建筑热损失及充分利用太阳热能，实现不用

传统采暖系统的目标。

自然通风系统。经过特殊设计的“风帽”可以随风转动，利用风压给建筑物提供新鲜的空气，并排出室内污浊的空气，利用废气的余热来加热进入室内的寒冷空气。

每户住宅都设计有朝阳的玻璃房。可以最大限度地吸收阳光带来的热量，而且房屋使用了可积蓄热能的材质建造，温度过高时，房屋即可自动储存热能，甚至可以保留每个家庭煮饭时所产生的热量，等到温度降低时再自动释放，以此减少暖气的使用。



图 2-4 自然通风风帽

社区建筑的屋顶还种植了大量的植物，不仅有助于防止冬天室内热量散失，还能改善整个社区的形象和吸收 CO₂。



图 2-5 绿色覆盖及屋顶绿化

3) 社区能源系统

贝丁顿社区采用热电联产系统为社区居民提供生活用电和热水。热电联产发

电站不使用天然气和电力，而是使木材发电。社区的生活用电和热水供应由一台130千瓦的高效燃木锅炉提供。木材的来源则为其周边地区的木材废料和临近的速生林。整个小区需要一片三年生的速生林，每年砍伐近1/3，并补种新的树苗进行循环。速生林种植在与小区相邻的生态公园内。

小区的汽车以电力为能源，777平方米的太阳能光电板形成的峰值电量为109千瓦时，可供40辆汽车使用。建筑内设置了热量回收装置，可将灯具、电器、人体、热水等产生的热量进行收集，作为采暖能量的一部分。

4) 循环利用的节水系统

为了实现对水资源的充分利用，社区建立了独立完善的污水处理系统和雨水收集系统。将生活废水送到小区内的生物污水处理系统做净化处理，部分经处理过的中水和手机的雨水储存后用于冲洗马桶；其后，这些水即可进行净化处理，并在芦苇湿地中进行生物回收；而多余的中枢则同过铺有砂层的水坑渗入地下，重新被土壤吸收。

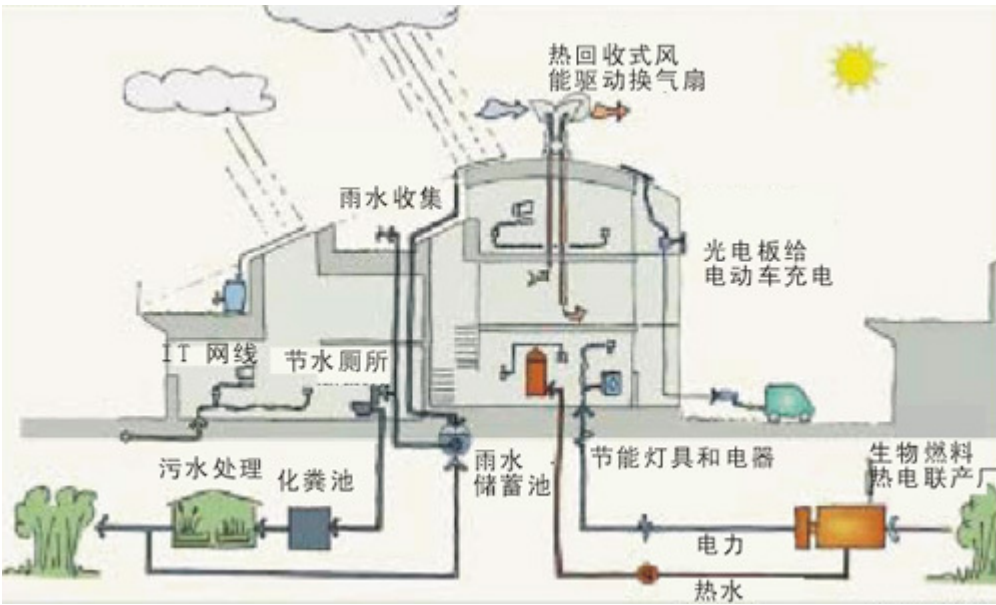


图 2-6 能源、水资源系统图

5) 运行效果

相比传统生态项目的高造价带来的低收益，贝丁顿社区在经济上获得了巨大的成功。以一幢典型的建筑单元来分析，和相同面积的传统项目相比，尽管在节能和环保措施上的投资额需要增加约52万英镑，但是，由于政府的鼓励，地价得到了极大的优惠；由于市场反映良好，平均房价高于普通住宅15.75%，增加收入

48万英镑；由于高密度提高了土地的使用率，增加收入20.88万英镑。综合算来，开发商可获得大约66.8万英镑的回报。对住户来说，每年单是账单就可以减少约3847英镑。

而环境方面的收益更多，每年可减少二氧化碳排放147.1吨，节约水1025吨。根据入住一年的监测数据，小区居民采暖能耗减少88%，热水能耗减少57%，电力需求减少25%，用水减少50%。

2.3.1.2 丹麦森讷堡零碳城区

(1) 项目概况

位于丹麦南部的森讷堡市从2007年开始实施“零碳项目”，并确立了在2029年之前成为“零碳城市”的目标。经过数年努力，这个毗邻德国的边陲小镇已成为一个以节能技术、区域供热及可再生能源产业为重心的绿色生态城。“零碳项目”在2010年获得欧盟委员会颁发的最佳可持续性能源奖。

森讷堡市周围环海，位于南丹麦大区，并与德国北部接壤，区域面积500平方公里，人口约77000。森讷堡除工业以外，还有以生猪和家禽养殖为主的综合农业，并拥有丹麦规模最大的生猪屠宰场、综合性的农业设备和技术集群以及食品加工企业。

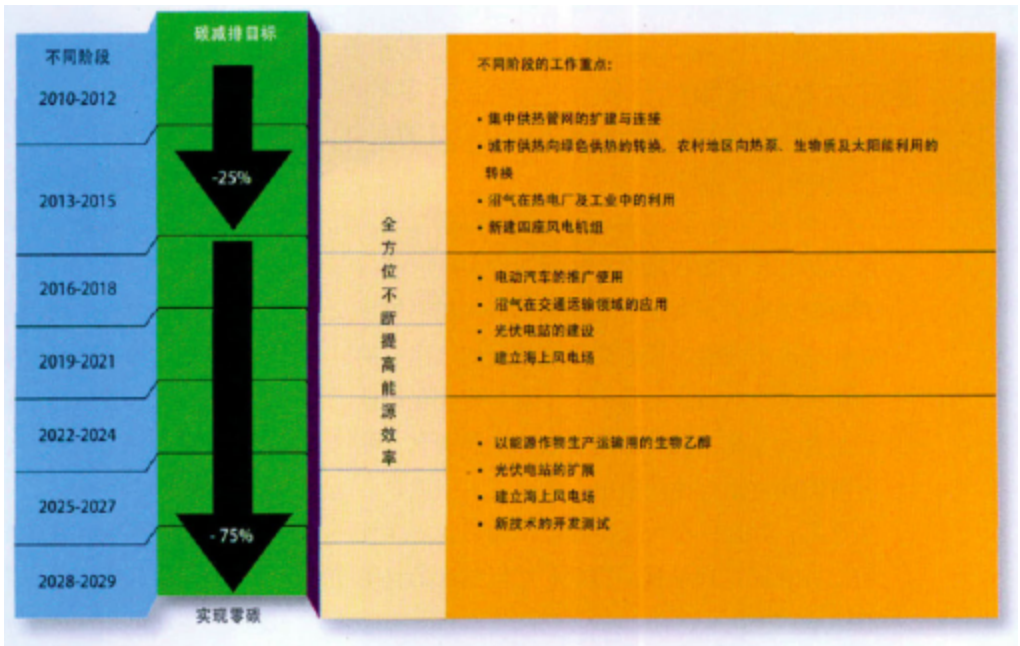


图 2-7 森讷堡市零碳目标总体规划

（2）应用的技术及运行效果

项目启动初期，森讷堡市居民人均碳排放量为12吨/年，跟丹麦总体平均数持平。“零碳项目”的目标是：到2029年，城市能耗与2007年相比降低38%，同时通过开发利用可再生能源实现零碳排放，应对气候变化解决方案则成为森讷堡市经济发展的主要驱动力。

“零碳项目”的意义在于实现能源自给自足和零碳排放的同时，通过大力发展绿色环保产业创造更多的绿色工作机会，实现经济效益、社会效益和环境效益的多赢局面。所以，尽快实现能源绿色转型是“零碳项目”的关键。

1) 绿色能源转型

目前森讷堡市内企业和居民住宅用于采暖的天然气需求，将被城市地区的绿色集中供热，以及乡村地区热泵的普及逐步取代。绿色集中供热将以地热、太阳能热、生物质能及风能为热源，取代传统的化石能源。目前森讷堡市内供电主要来自市外中央发电站以化石燃料为主导的燃煤发电，而未来的电能将来自陆地及海上风电场、光伏电站，以及分散安装在建筑屋顶的光伏系统。

据估计，丹麦在2050年所需能源总量的70%以上将以电能形式用于电动车辆和乡村地区的热泵使用。这将给当前的电网和能源利用带来很大压力。因此，对需求管理、区别税制以及新能源的存储应用等领域智能解决方案的需求应运而生，基础设施的绿色转型也将成为推动绿色能源转型的重要一环。

政府作为“零碳项目”最直接的参与者也是最有力的实施者，早在2008年，森讷堡市政府就制订了第一套能源战略计划和政策，并每隔两年进行重新评估。如今，此项战略计划已成为森讷堡市政府在碳中和进程中自身举措的重要指导准则。市政府通过在建筑物、路灯照明和交通运输等领域施行节能举措，成为整个地区的零碳先行者。同时森讷堡市政府十分关注以电动汽车替代市政车辆，并密切关注其运行趋势。市政府从2009年开始租用电动车辆，许多政府部门车辆的使用模式非常适合电动汽车行程相对较短及晚间充电的特性。而在森讷堡建成的已建成的丹麦第一座自产盈余能量的房屋在集现代化设计、舒适性为一体的同时采用了被动能源理念，使房屋所需能量来自光伏发电、被动式太阳能热、地热热泵，以及一个可以持续监测和优化能源使用的先进能量管理系统，实现了房屋能源的自

给并有结余。

2) 大力发展热电联产

垃圾焚烧是森讷堡目前热能供应的主要来源之一。森讷堡的热电站每年焚烧约7 万吨废物，包括食品包装、纸盒和塑料等生活垃圾。垃圾焚烧厂采用最新技术，燃烧效率高达98%，焚烧炉实现了1000 摄氏度的稳定高温燃烧，减少了二氧化碳等有害气体排放，净发电效率达49%。发电后产生的尾气则被输送到余热锅炉以蒸汽的形式通过管道用于区域供暖。

在大力发展热电联产、变废为宝、充分提高能源利用率的同时，森讷堡还在探索如何更好地利用太阳能、地热能、风能及生物质能等多种可持续能源。森讷堡目前有3个太阳能发电站。其中一个面积为6000平方米，年供电达2736兆瓦时。

3) 全民参与

转变绿色生态意识是践行“零碳项目”的首要挑战。为改变现有的思维方式，“零碳项目”致力于将零碳理念植入整个社区计划、商务、研究、培训、教育乃至政府规划举措的思维中。目前，丹麦大多数学校已对教学楼进行了改造，以推广零碳的理念结构。众多新学校在兴建时也已遵循零碳住宅标准。

自2008年零碳住宅开始修建，当地的企业、商店、学校和市民都以零碳理念作为他们的房屋建筑、运营和行为的目标。

零碳家庭项目是“零碳项目”中的一个，于2009年开始启动，致力于鼓励和培训家庭单位以随手可得简单方式节约水电消耗。参加该项目的117户家庭，406位家庭成员都学到了如何在日常生活中更有效地使用家用电器和进行交通运输。细小的日常举措取得了显著节能成效，这些家庭在2009年间平均节电25%、节水45%。

零碳住宅项目自2010年启动以来，对地区内近18600所平均建筑年龄为65年的独栋居民住宅进行了能效改造。“零碳项目”的能源顾问为房屋业主提供现场咨询，对房屋外层的基础结构、门窗、屋顶和绝缘保温性能以及内部的安装、能源供应、电器产品和居民日常行为方式进行分析评估。与此同时，项目组还确保当地专业施工人员接受能源培训，并与当地银行协调对房屋能效改造的贷款支持。截至目前，参与该项目的600多户家庭中，已有65%以上按照能源顾问的建议对

房屋进行了能效改进，从而达到节能目的，并有效节省了开支。

2.3.1.3 马斯达尔零碳城

(1) 项目概况

马斯达尔城市占地700hm²，规划人口为90000人，人口密度约为13 000人/ km²。未来10年内城市建设将分为几个阶段。就城市规模和建设密度而言，马斯达尔将成为同威尼斯一样的无汽车城市。

马斯达尔城市规划致力于建设一种高密度、友好和舒适的城市社区，同时实现“碳中和”和“零废弃”。马斯达尔城市是阿布扎比政府制定马斯达尔计划的主要组成部分，此计划旨在推动再生能源和清洁能源解决方案的发展，创造一个超越石油时代的新世界。马斯达尔城将成为推动能源生产新创意的中心，汇集最高水准的专业技术。新城将先进技术与传统的高密度阿拉伯住区规划原则相结合，以创建一种新型沙漠社区。



图 2-8 马斯达尔太阳城效果图

马斯达尔城的设计是利用太阳能、风能等可再生能源代替石油。城外将覆盖着巨大的太阳能电池板；城内以便捷公交系统替代小汽车；居民所用的电力将由太阳能、风能等可再生能源转换而成；由棕榈树和红树林组成的巨大的种植园将在城市周围形成一个绿化带，为生物燃料提供原材料，同时生物燃料这个新产业

可以替代石油和天然气，为这个城市的居民带来收入。

马斯达尔零碳城建设目标主要有两点：

1) 加强对碳的管理。马斯达尔零碳城的碳管理机构以开发了温室大气减排项目为主要的方向，通过联合国领导的“清洁发展机制”条款，实现温室大气减排的货币化。

2) 发展新能源技术和产业。阿布扎比邦通过马斯达尔零碳城发展加大在可再生能源领域的投资。希望通过促进这项新型产业发展，使马斯达尔零碳城能够成为再生能源价值链中一个重要环节，并从此能在再生清洁能源领域成为全球领导者之一。

(2) 应用的技术措施及运行效果

马斯达尔零碳城发展理念包括创新、科技和可持续发展。这座生态城将完全通过可再生能源供电，包括风力、水力、太阳能与氢气发电并行，并计划未来进一步提高太阳能发电比例（若光能转换电能的效率在提高，80%的建筑屋顶将改设太阳能板）。整个城市都将采用清洁能源，不仅仅实现碳的零排放和零废弃物；同时还限制零关税、零税收和零资本流动。与其他相思成诗比较，马斯达尔将减少75%的石化燃料的消耗量、300%的用水、400%的废弃物。

1) 可再生能源利用

每个屋顶和遮阴装置将覆盖光伏面板以采集光能，而且以后还可以进行翻新和改造，就好像在飞机主体结构不变的情况下航空电子设备可以被更换一样。此外还在城郊专门区域生产太阳能。这样的可再生能源“农场”将在一年内实现碳中和的平衡状态。城市依赖于一系列可再生能源政策，这其中包括了光伏电池技术的广泛应用，并以此来为城市的建设阶段和未来提供能源。

废水将被分类和循环利用，而且这是一项基本政策。可利用的废水将用来生产混合肥料，产品用于为周边的农作物施肥。剩余的废弃物将被能源厂利用。结合废弃物源头处理策略，土地填埋方式将被彻底杜绝。

此外，真空管集热器（ETCs）将被集成到建筑内来提供热水。深层地热“热岩”钻井可以提供高温热水或蒸汽来驱动24 小时制冷系统，其可行性正在进行评估。城市边缘的种植园形成的景观屏障，将为该地区频繁发生的沙尘暴提供一个

天然过滤器。

2) 节水措施

阿布扎比是目前世界上耗水率最高的城市之一，人均每天（pcd）350L，而西欧地区人均每天120~150L。然而，通过教育、节水配件和高效洗衣机，耗水率有望被降低到人均每天180L。水源将从脱盐和再生水的混合物中提取。

通过钻井可以从地表1m以下的马斯达尔地下水层直接抽水。抽出来的水含有盐分，需要在太阳能供电的海水淡化厂利用反渗透系统进行处理；城市所有的饮用水都需要这样生产。处理地下淡盐水而不是海水的主要优点是其含盐量较低，因此纯化过程只消耗较少的能量。纯化过程产生的浓盐水将和中水进行混合，达到和地下水相同的盐度水平后排放回土地。因为盐度是相同的，所以该进程不会对区域内的野生动物或植物产生不利影响。

工业、街道、建筑清洁和制冷系统所需的水都将来自循环利用的中水。中水基本上是洗涤和洗浴产生的废水。对自身产生的中水，每个建筑都将使用拥有膜反应器的化学或生物净化系统进行处理。灌溉用水将使用经过了微孔过滤和反渗透处理的污水。

3) 被动式设计

建筑都同样的紧凑而且朝向一致，从而形成阴凉和通道冷却过往气流。建筑高度控制在五层楼以下，接到线至在三公尺宽、七十公尺长，以维持微气候稳定并促进空气流通，并在城市内种植大量的植物与水景设施改善省市内的热环境，还利用高科技手段在建筑中心的露天公共广场设立一座风塔，风塔高45m，在顶部设置自动百叶窗，由监测主导风向的传感器控制，将高空风速较大的风引入塔内；利用处于塔顶的喷射装置为进入的空气加湿，再利用蒸发冷却空气，冷却后的空气通过导风管下沉，再从风塔下部的风口吹向广场提供给地面的行人，对能源的节约产生了显著影响。

在春季和初夏，阿布扎比的气候通常是非常舒适的，但是在盛夏却比较炎热。在没有阴凉的开阔地区，温度可以达到60至70摄氏度。然而，在一些地方性建筑设施附近，温度下降非常显著，可以降低到人们能够忍受的50摄氏度。比如说一些柱廊，其内部的阴凉区域可以使人躲避阳光。如果进而引进植被、庭荫树和水，

不但可以舒缓人们的精神，更可使温度进一步降低。其他的地方性设施也可以帮助改善小气候，例如热烟囱，可以促进气流冷却。所有这些地方性设施都将与现代技术相结合，在马斯达尔打造综合性的被动气候控制系统。日积月累，可以使城市中温和的季节得以延长。

用当地特有的砂研发的特殊外立面材料，不吸收外界热量，即使在室外温度很高时，材料本身仍能保持较低温度，因而保证建筑室内的温度，是很高效的外墙隔热材料。使用充四氟乙烯气囊作为外立面围护结构，利用惰性气体不导热的性质，使外墙将室外热量全部隔绝，不传递到室内，是一种非常高效的外墙隔热方式。

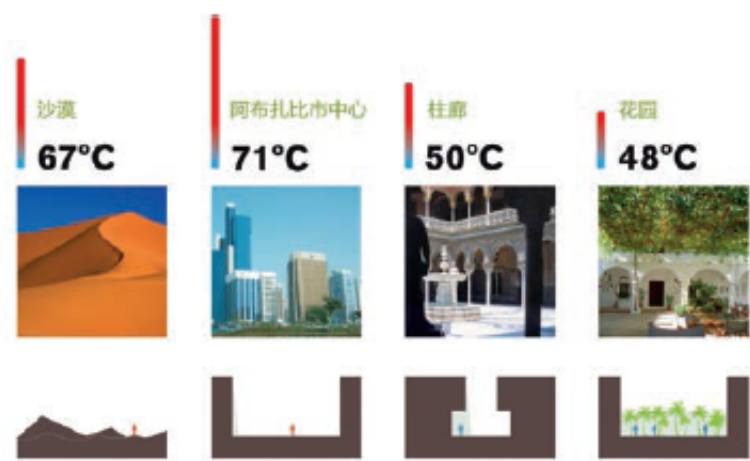


图 2-9 不同区域温度分布



图 2-10 建筑通风设计



图 2-11 砂制隔热材料外墙及惰性气体隔热外墙

4) 废弃物处理

新城对建筑废弃材料采用回收再利用的模式，在新城的已建建筑群中设立了回收中心，中心占地12hm²，分成混凝土、木材、金属和其他材料的不同回收区域，回收建设过程中可重复利用的建筑材料，回收后由其他承包商在别的建筑建设时使用，减少浪费。新城建设中的混凝土全部由混凝土工厂在现场合成混凝土，原料大量采用当地工业副产品矿渣粉。

5) 绿色交通

新城城区内规划了多条公交系统，可使市民的出行完全依靠便捷的公共交通系统，公交车采用电动汽车。在已建的马斯达学院内部建设个人快速捷运系统（PRT），用于学院内小区域之间的交通。

个人快速捷运系统为无人控制交通系统，由先进导航系统控制；运输车辆为电动磁浮方式，可以通过轨道中的磁感应来确定位置，并通过随车的传感器来检测通道中的障碍物；每一部车辆通过无线连接设备与中央计算机连接，使中央控制台可以对旅途进行导航并且保障在所有交通形式中平滑的运行。运输车辆在直线行驶中时速可达40km/h，在弯道时可达25km/h。在各站中的停车点可以对车辆电池进行充电。



图 2-12 快速捷运系统车辆

2.3.1.4 韩国“绿色明天”

(1) 项目概况

“绿色明天”的零能耗建筑是韩国的一个可持续设计示范项目，是一个用于展示绿色建筑技术的展览馆。该项目位于韩国龙仁市场地面积为 676m^2 ，包括 298m^2 的公共关系楼（住宅区）和 423m^2 的零能耗楼（展览馆）。这是韩国第一座零能耗住宅楼，获得了2010年BCI绿色设计奖的住宅建筑绿色领先奖，并于2009年9月29 成为东亚第一座获得“LEED白金级”认证的建筑。

绿色明天采用了68个环保科技手段，从而实现“三个绿色”：“零能耗”、“零碳排放”以及“绿色信息IT技术”。

建筑采用的主要技术手段包括：高效能源分布系统（热泵系统、地板辐射供热系统）、高性能的网格状外围护结构、日光传感器、高效照明、 63m^2 的屋顶光伏发电系统、太阳能热水系统等。



图 2-13 绿色明天实景图

表 2-8 绿色明天三个绿色目标

零能耗	零碳排放	绿色信息技术
实现全年能耗平衡 ‘0’或‘正’	建筑物寿命期 CO ₂ 排放为‘0’	优化基于可持续能源和提供 生活便利的信息技术
被动式设计 主动式设计	可持续建筑材料 搞笑水资源利用	能源管理系统家庭网络
新能源和可再生能源	废物减少与回收	非接触位置识别技术

(2) 应用的技术措施及运行效果

该项目的建筑运用了在零碳定义的基础上发展的“碳中和框架”中的策略——“建筑连接到当地电网。场地生成的可再生能源能够部分抵消建筑从电网中消耗的电能”。当产生的可再生能源超过零能耗楼的能源需求时，多余能源就被储存在电池中留做将来用。当产生的电能超过电池的储存能力时，超出的部分就被用于抵消公共关系楼内的电力消耗，以在一年中达到零能耗和零碳排放的目标。

“绿色明天”零能耗楼除了电力需求外没有其他的能源需求（建筑不需要使用其他的燃料，如生物质、煤炭或天然气等）。电能则是由可再生能源系统产生（太阳能光电系统和光热系统）。

1) 被动式节能策略

降低建筑能源消耗首先要做的是被动式设计策略的概念设计并将其结合到建筑设计中。成功的被动式设计策略能够有效降低空调和采暖能耗，从而降低暖通空调系统的能耗和运行成本。零能耗楼采用了以下策略：

自然通风。自然通风就是通过自然的手段为室内空间提供新风和排风的过程，这也就意味着不是通过使用风扇或其他机械系统来进行这一过程。随着人们对成本和能源消耗的环境影响问题越来越重视，自然通风这一手段的运用当然就显得格外有利。

高性能的建筑围护结构。良好的建筑围护结构设计能够在空调运行期间防止过多的太阳辐射进入建筑内，并减少传导热损失或渗透导致的热损失。这就能够把空调和采暖的负荷降到最低，从而减少暖通空调系统的能耗。建筑的围护结构设计结合了以下一些设计策略：

采用遮阳设施——遮挡直射太阳光；

使用高性能玻璃窗——采用保温效果良好的三层玻璃窗；

采用保温材料——使外墙和屋顶具有较低的传热系数；

良好的气密性——降低空气渗透导致的热损失。

采光控制。通过自动采光控制系统关闭或调低人工光照明水平，可以节约人工光的能耗。有外窗的房间都安装了光电传感器，因此在自然采光的照度水平 $\geq 300\text{lx}$ 时，人工光的照度可以被调低。

相变材料（Phase Change Material, PCM）。巴斯夫相变材料石膏板和高密度水泥纤维板被用于吊顶和房间的内隔墙中。这种材料能够在白天吸收热量，并在较冷的夜间通风换气时将热量释放。

2) 主动式节能策略。

为了提高室内热舒适度和空气质量，建筑中采用了主动式系统以维持稳定的温度、湿度和通风质量。主动式系统的设计使其在消耗最少能源的情况下达到设计的室内环境质量。下面的段落将阐述所设计的系统和节能策略。

辐射采暖/冷吊顶。该项目的建筑采用的不是全空气系统，而是结合了地板辐射采暖和冷吊顶来提供采暖/制冷负荷。和其他类型的集中采暖系统相比，采暖时可将温控器调低几度，制冷时则将温控器调高几度，这样能够达到节约能源的效果。否则在相同的温控器设定温度条件下，辐射系统的能耗会比压力空气系统更高。

自然冷却。空气节能器在过渡季能够提供自然冷却。节能器控制和机械制冷系统相结合，这样即使在需要额外的机械制冷来满足余下的制冷负荷的情况下仍然能够提供部分的制冷效果。

热回收。热交换器焓轮通过捕获和回收余热来预热/预冷空气处理机中的新风。通过回收余热所节约的能源可能会因风机压降而抵消，因此需要安装旁路系统。

地源热泵。该系统利用稳定的地下土壤温度来提供采暖/制冷。和地下埋管连接的热泵在冬季利用土壤的热量，而在夏季则将热量释放到土壤中。

3) 电器设备。

该建筑项目设备能耗占总体能耗的25%以上。为了把这部分显著的能耗降到最低，应通过安装节能设备来降低电能需求。

4) 可再生能源利用

光伏发电。光伏发电是通过采用太阳能电池板把太阳能直接转化成电能来利用能源的技术。该建筑项目安装了163m²的光伏板，一年大约能够产生22.41MW的电能，足够建筑项目一年的能源消耗

太阳能光热。太阳能热水系统通过收集太阳能加热水，并为淋浴间提供热水来利用 可再生能源。太阳能集热器被安装在开敞的屋顶上。

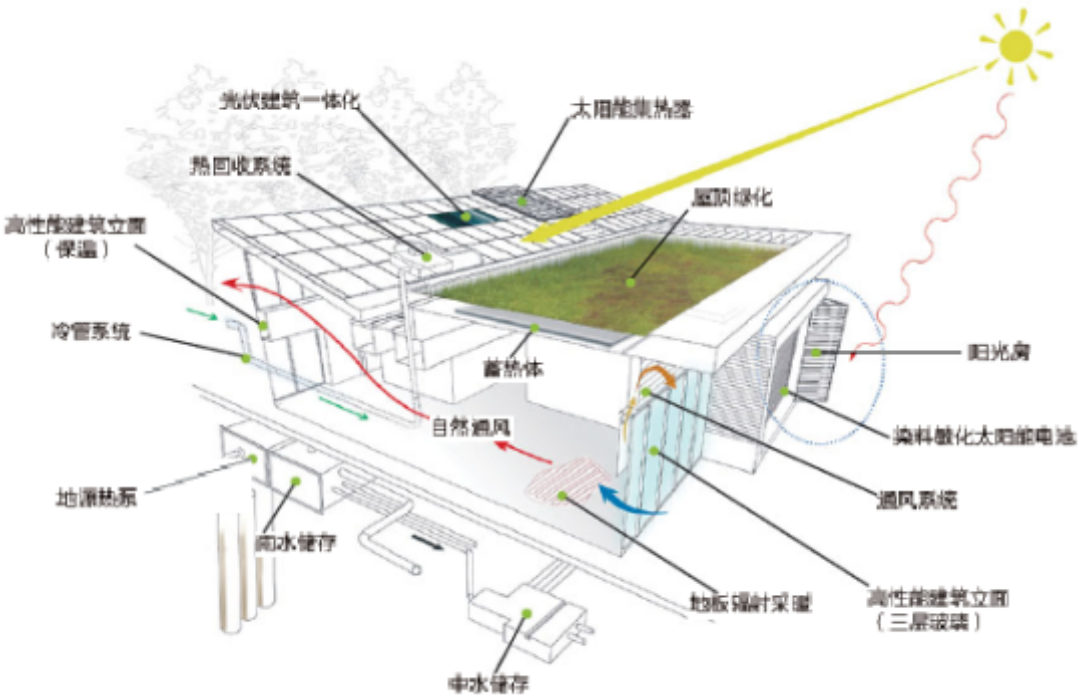


图 2-14 “绿色明天”节能策略示意



图 2-15 室内吊顶



图 2-16 屋顶太阳能光伏

绿色明天实现了54.8%的废水循环利用，高效的生物净水器保证72.4%的饮用

水被回收用于灌溉浇花以及地板清洗，超过22%的建筑材料采用的是可回收材料，25%的建筑材料为国产材料。同时，为了保证良好的室内空气品质，其室外通风换气次数相对于传统建筑提高了30%。在保证室内环境高舒适的情况下，绿色明天的能耗也仅为常规建筑能耗的56%。而建筑的可再生能源系统，包括光伏发电系统，太阳能热水器等可以提供剩余44%的能耗。通过将不同的绿色建筑技术结合在一起，绿色明天有效地实现了零能耗目标。

2.3.1.5 百富阁再生能源中心零碳建筑

（1）建筑概况

位于英国的百富阁再生能源中心零碳建筑，它是英国再生能源系统有限公司的总部和接待中心，它是英国首座二氧化碳零排放的商业建筑。再生能源中心设计中采用了经济可行的再生能源措施，在整个基地或建筑中运用了尖端的能源技术。

百富阁再生能源中心是在既有建筑上进行改造，并扩建添加部分新功能的开发项目。为减少能源需求，在这一项目的设计中将机械通风、人工制冷、采暖和照明、建筑管理系统和太阳能采暖、自然通风和自然采光、遮阳、结合了热质构件的、且保温性能良好的外围护结构有效地结合起来。

（2）近零碳技术的应用及运行效果

1) 被动式技术

选择自然采光技术及自然通风技术，强化维护结构的保温性能，优化遮阳系统，选择在生产和运输过程中的能源消耗最少的材料和可回收再利用的材料，尽量减少自然资源的消耗。

2) 生物质能

生物质能因其燃烧过程中产生的二氧化碳被种植的植物所吸收，达到了平衡状态，故它是无污染、零二氧化碳碳排放的清洁能源。生物质能工厂将种植的植物粉碎并焚烧，为建筑提供采暖的热源，实现热电联供（CHP）。生物质能作物储藏室的屋顶太阳能电热电联产阵列提供电能和热水，其产生的热能被传递到的季节性热积累装置，包括隐藏在下部1100立方米水中，用于协助在冬季建筑物供

暖。

3) 季节性地下储热技术

储存由太阳能电热联产和太阳能集热板产生的热能的1100立方米的水池，用于较冷月份的建筑采暖。在夏季无采暖需求，由太阳能电热联产阵列产生的热量将储存在储热水池中。秋季，部分的太阳能直接用于建筑中，富裕的部分将储存在热水库中。经过夏季和初秋，储热库中的水温将逐渐升高。在冬季，太阳能所产生的热量将小于建筑的热负荷，储热库的热量将释放出来，用于加热进入建筑的新风。由于热能被抽取，储热库的水温就会下降。部分热能也会散失到周围环境中。据估计，这部分热损失占整个夏季输入储热库中的热能的50%左右。储热库中释放出的相对较低温度的热能可以用于预热进入建筑的新风，因为室外空气的温度比水温还低。

4) 可再生能源发电

建筑物所需电力均由PVT阵列和功率为225千瓦的风轮机联合提供，并将多余电量输入国家电网。

5) 智能管理系统

在百富阁能源再生中心零碳建筑项目中设有智能化管理系统，以对所有的能源系统进行控制和优化并且记录其的监控结果。

6) 太阳能电热联产系统

百富阁能源再生中心零碳建筑项目中的太阳能阵列由116平方米的太阳能集热板和54平方米的太阳能电热联产系统（PVT）组成。PVT板由将光能转化成电能的光电模板，以及安装背面的、以获取剩余太阳能的铜质热交换器组成。太阳能板由荷兰的能源研究中心开发，将太阳能光电组件和太阳能集热组件结合起来，同时进行发电和加热用水。

百富阁开发项目充分利用了地下水资源，在夏季，从当地 75 深的蓄水层中抽取出 12℃的地源冷却水，然后经过处理送往建筑内部循环，此时水温为 15℃，以此达到使室内温度降低的目的，利用流经建筑后的放出的水灌溉种植的生物质能作物。

2.3.1.6 悉尼南斯巴鲁

悉尼“南巴兰加鲁”项目将建成澳大利亚首个最大规模的“碳排放中和”社区，项目规划面积：巴兰加鲁项目整体范围 22 公顷，第一期南区 7.6 公顷，总建筑面积 49 万平方米，包括住宅、商务办公、商业和休闲娱乐类用地，3.8 公顷绿地、滨水广场、沿岸行人走廊、公共码头（图 2-17）。



图 2-17 巴兰加鲁项目效果图

（1）场地内主要减碳措施

首先把项目本身的能源需求最小化，碳排放减缓效率最大化，达到减少项目运行阶段碳排放量（场内）的目的。它应用的措施包括：

1) 建筑节能措施

所有商业建筑会达到澳大利亚全国绿色建筑最高节能标准（绿星 6 级标准），所有住宅建筑会达到 5 级标准；采用高效率的根据日照而变动的建筑遮阳设计；分户能耗计量监控，并向所有使用者公布能源使用信息。

2) 能源

场地内利用空间建设达 6000 平方米太阳能光伏发电系统；全市最大规模的集中式海水制冷系统；项目内部建立使用者间的碳排放指标交易系统；针对于悉尼市其他地点制定的可再生能源建设项目，安排定向投资带来碳中和效应。

3) 废弃物处理

垃圾在场地内进行近 100%分类、回收，以及资源化处理；探讨废弃物转化为能源的安排与建设事宜；通过教育、宣传和信息渠道提高使用者减废率；达到非处理废弃物零填埋目标。

4) 交通

通过鼓励绿色出行、轨道公交配套设施与服务、城市设计创造优质步行环境等把上班私家汽车出行率在 2018 年减到 4%;与地方政府交通管理部门和建设部门合作,推动多样化的绿色出行方式(公交、小轮、自行车等);限制项目内提供的私家汽车停车位量,不鼓励私家汽车使用。

(2) 场地外减碳外部性措施

项目会带来外部效应,使更大范围的周边地区减少排放量(场外),用来抵消开发项目本身产生的排放量,最终实现于 2020 年达到项目在运营期每年都有“净负排放”的效果。它应用的措施包括:

投资场地外的废弃物发电设施,处理场内产生的废弃物和周边城区的废弃物;投资冷热电三联供设施,提供能源给场地内和场地外建筑;成立社区尺度的减缓碳排放项目基金,推动周边社区减排;推动实施社区教育,通过市民参与减排活动等方式改变市民行为。

2.3.1.7 Fort Collins (柯林斯堡)

柯林斯堡占地约 6.5 平方公里,主要功能为机构(大学)、商业、小城市的市中心,于 2018 年竣工,采取的主要技术措施包括:混合直流微型智能电网建设、可再生能源和分布式系统集成、科罗拉多州立大学地源热泵、科罗拉多州立大学热电联供。

Fort ZED 的概念和启动来自一个公私合作的特别工作组,其专注于确定柯林斯堡的经济发展机遇。只有当外部资金建立了合作伙伴需要管理的法律和财务责任时,正式的治理结构才能建立起来。之后,除了柯林斯堡市、科罗拉多州立大学和科罗拉多州清洁技术集群的代表之外,指导委员会还增加了两名居民代表。指导委员会在 Fort ZED 活动的远景、任务和方向等向项目合作伙伴提供建议,并由柯林斯堡市负责管理法律和财务责任。虽然 Fort ZED 于 2017 年解散了,但它在各机构之间建立伙伴关系、建立认识和技术信誉方面发挥了重要作用,使 2015 年的柯林斯堡气候行动计划目标得以通过,以及让科罗拉多州立大学(Colorado State University)最近承诺的 100%使用可再生电力成为现实。



图 2-18 Fort Collins 图片

2.3.1.8 National Western Stockshow Complex（全国西部证券展综合体）

全国西部证券展综合体占地 0.53 平方公里，主要功能为商业、住宅、工业，总体规划于 2015 年完成。当前正在开展土地征用、道路夯实、场地修复、建筑设计，Complex 的总体规划愿景是为能源、废弃物和水创造“净零”或“闭环”系统。能源方面的目标是建立一个“净零”能源区，优先考虑技术和行为策略以提高效率，并在完全建成后 5 年内使用当地的可再生能源。



图 2-19 National Western Stockshow Complex 图片

2.3.1.9 University of California - Davis, West Village (加州大学戴维斯分校--西村)

加州大学戴维斯分校--西村占地约 0.00395 平方公里，大部分住宅、少部分机构，已投入运营并接近净零能耗，在 2013-2014 年，本地能源系统提供了 82% 能源消耗总量，主要技术措施包括：

①4 兆瓦光伏，安装在屋顶和停车场；

②自 2014 年以来，该地区一直由一个 925 千瓦的能源厂供电，该厂以垃圾填埋气体（235 kW）和生物沼气（690kW）为燃料，其中生物沼气是从校园食物残渣以及附近农业和商业活动产生的废弃物并经厌氧消化转化而来；

③安装在示范单户住宅上的太阳能光伏板足以为住宅的所有需求提供电力，并包括电动汽车充电。示范住宅包括一个 10 千瓦时的电池，白天充电，足以整夜供电。一个家庭能源管理系统转移和平衡负载，以减少对电网的影响；

④电池缓冲电动汽车充电站集成了现场光伏电池、锂离子电池组和电动汽车充电站，当电网和电池的组合有剩余容量时，可以为车辆充电；

⑤2013 年和 2014 年的一份为期 12 个月的报告得出的结论是，本地能源系统提供了 82% 能源消耗总量。



图 2-20 University of California - Davis, West Village 图片

2.3.1.10 Miramar Marine Base（米拉玛海军基地）

米拉玛海军基地占地 0.567 平方公里，主要功能为住宅、办公、仓库、工业，截至 2012 年，Miramar 已实现能源耗量下降 40%，2015 年将追加投资达到净零能耗，2018 年将完成安装一个微型智能电网。主要措施包括：锅炉替代；控制；再调试；自然采光；微电网由附近城市垃圾填埋场的 3 兆瓦垃圾填埋场气体系统供电，其中，2.3 兆瓦的太阳能光电系统，600 盏太阳能路灯，100 千瓦的集中太阳能系统，微电网还使用动力液体电池进行储能。

通过有效的能源管理计划，可以显著地节省成本和避免有价值资源的减少。环境效益将通过综合能源计划来实现，例如减少温室气体排放和与发电或燃烧燃料有关的其他污染物。该项目需要全体员工共同努力，并持续致力于健全的能源管理实践、全生命周期成本效益高的能源效率项目，以及 MCAS Miramar 资源和设施的高效日常运营。有效的能源管理方案将改善生活质量和生产力，办法是：根据实际需要调整能源的使用，并把能源或者转换为资金或者用于更紧急的任务和人员支助需求。

Miramar 的能源全面责任被分配给安装和物流总监，后者任命一个基础能源经理。反过来，能源经理会召集了一个由 10 人组成的能源管理团队，其中包括来自公共工程、工程、设施管理、财务管理、规划、建设和社区服务的代表，有关角色和职责的详细信息发布在基地的能源管理网站上。



图 2-21 Miramar Marine Base 图片

2.3.1.11 Brooklyn Microgrid（布鲁克林微型智能电网）

布鲁克林微型智能电网包括 10 个街区，主要功能为商业和住宅，布鲁克林微型电网位于纽约布鲁克林的 Park Slope 和 Gowanus 社区中，是一个同行一流的能源项目，使小规模能源生产者和消费者能够相互买卖可再生电力。微电网内部当地光伏系统的所有者可以向电网出售多余的电力，允许附近的家庭或企业通过 APP 购买。

该项目 50% 由当地社区拥有，50% 由 LO3 Energy 拥有。它既是一个对任何人开放的虚拟能源市场，也是一个实体的微电网，覆盖了布鲁克林的 10 个街区。到目前为止，微电网的运行规模非常小，但实际执行的交易显示了综合金融和电力系统的功能。金融交易通过 PayPal 进行，LO3 管理计量和监控设备。该项目旨在为 2012 年遭受飓风桑迪严重破坏的社区提供恢复效益。



图 2-22 Brooklyn Microgrid 图片

2.3.1.12 SW Ecodistrict（SW 生态小区）

SW 生态小区占地 0.45 平方公里，混合功能小区，主要措施如下：

①现有的中央公用电站将为既有和新建筑提供电力、供暖和冷量。该工厂目前以天然气为燃料，将来会使用可再生原料，也会对无水氨作为一种可能的燃料进行评估。

②由于既有建筑的数量和规模巨大，节能改造是一项核心战略。地区总规划

的分析表明，既有建筑能效提升可降低 47% 的能源消耗，新建建筑可降低 25% 的能源消耗。该地区北部的新建建筑将使用地源热泵，所有屋顶上安装太阳能光热和光伏系统。

③饮用水和非饮用水系统分离，其中包括污水和暴雨水就地处理用于非饮用水需求。将把整个地区的雨水收集起来存储在中央槽中以供以后使用。

SW 生态区响应 2009 年美国联邦行政命令 13514，其中涉及环境，能源和经济绩效，包括应对气候变化的准备。这项行政命令要求所有在 2020 年或之后开始设计的美国联邦大楼到 2030 年实现净零能耗。由于联邦政府、哥伦比亚特区机构和私人土地所有者的参与，SW 生态区的治理很复杂。例如，中央公用事业工厂由联邦政府拥有和运营，法律禁止其为非联邦设施服务。

2015 年，SW 商业改善区成立，旨在为地区规模的项目提供融资和管理机制。商业改善区是生态区面积的四倍，生态区是其中的一部分，由该地区商业地产专项税收提供资金。（目前的费用：每一可租用的平方英尺为 0.15 美元、每一住房单位 120 美元和每一酒店房间 100 美元。空置土地的税率为每平方英尺 0.35 美元。）目前的 SW 商业改善区活动集中在激活公共空间和保持清洁和欢迎的街道景观和公共空间。



图 2-23 SW Ecodistrict 图片

2.3.1.13 Living Zenith

Living Zenith 主要由 6 间房构成，功能为住宅，目前已竣工，主要技术措施包括：

- ①通过建筑朝向和窗户布置，保证冬季高得热量，同时尽量减少夏季得热量；
- ②良好的围护结构和密闭的墙壁和屋顶，最大限度地减少热量/冷量外泄；
- ③高性能（主要是三窗格）门窗；
- ④最小空间调节的热湿回收通风；
- ⑤每栋房子都配备了 5.7 千瓦的屋顶太阳能光伏板和充电设施，可为一辆电动汽车充电；

⑥除了能源和交通策略，建筑使用可持续的材料，以保持良好的室内空气质量，如羊毛地毯，使用不含挥发性有机化合物（VOCs）或甲醛的材料。

Living Zenith 是一个完全私人的开发项目，每个房子都是个体所有的。所有业主都参加了房主协会（HOA），该协会负责管理电动汽车、自行车和共用车道等共享资产。



图 2-24 Living Zenith 图片

2.3.1.14 Barangaroo(Australia)（巴兰加鲁（澳大利亚））

巴兰加鲁（澳大利亚）占地 0.22 平方公里，主要功能包括办公室、住宅以及 0.11 平方公里的公共空间，主要技术措施如下：

- ①在悉尼炎热的气候下，高层建筑设计调整朝向、采用遮阳板从而减少得热量。
- ②该地区的建筑采用了空调系统，采用的是区域冷却系统，可以将热量排到

室内

悉尼港口冰冷的海水。

③在该地区的建筑上安装 6000 平方米的光伏板，同时从外地购买可再生能源，以抵消区内剩余的能源消耗。

④采用交叉层压木材（CLT）和胶合木（胶层压）建造的两个主要建筑，相比常规建筑建造而言，减少了由于混凝土和混凝土带来能源和温室气体排放。

2009 年，新南威尔士州政府成立了一个专门的公共机构——Barangaroo 交付管理局。其负责管理该地区的发展。BDA 与基础设施和个别建筑开发商签订了为期 99 年的租约，每一份租约（以及随后的任何分协议）都包括了实现能源和其他可持续目标的义务。



图 2-25 Barangaroo(Australia)图片

2.3.1.15 小结

通过对国际上比较认可的城区、社区项目进行调研后可知：每个项目的实际效果并不一致，其减碳效果又大有小；所采用的实施措施基本一致（建筑、能源、交通等），但是不同项目侧重点并不一致；表 2-9 对比了比较典型的建设项目案例。

从国际经验上来看，主要有以下可以借鉴：净零能耗建筑社区相关政策和项目越来越多，大部分城市的净零能耗社区是其整体气候和可持续发展目标的一部

分，净零能耗社区是为地方政府实现减排的可持续发展目标的重要手段。建设一个净零能耗社区需要净零能耗建筑、既有建筑改造、分布式电网以及清洁的交通，能效技术、电动汽车、分布式能源技术（光伏，储能）为净零能耗社区的发展提供了机会。知识分享、多利益相关方互动，以及商业模式示范对建设一个净零能耗社区十分关键。

对我国建设近零碳排放区示范工程具有以下启示：设立城市层面净零能耗目标和项目，可以是单独的目标，也可以是城市低碳发展目标的一部分；开发示范和试点项目，积累净零能耗社区的开发经验；联合各利益相关方，包括研究机构，编制净零能耗社区的发展方案；编制净零能耗社区相关标准和指南；组织相关活动加强群众对净零能耗的认识；向建筑拥有者和租户证明净零能耗的商业运作模式和价值；开发新的金融和商业模式鼓励可再生能源利用。

表 2-9 国外典型案例对比

案例	目标	主要特点
英国贝丁顿零碳社区	提供的可再生能源等多种途径以满足自身的能源需要，实现零碳排放和零能耗	1、注重建筑节能； 2、用快速再生木材作为热电联产的燃料； 3、可再生能源利用。
丹麦森讷堡零碳城区	城市能耗与 2007 年相比降低 38%，并通过发展绿色环保产业创造更多的绿色工作机会	1、以居住建筑为主，通过改造及宣传降低住宅能耗； 2、光伏发电、海上风电。
马斯达尔零碳城	实现“碳中和”和“零废弃”	1、充分利用太阳能； 2、节水措施及海水淡化措施使用可再生能源； 3、建筑被动式设计。
悉尼“南巴兰加鲁”项目	能源需求最小化，碳排放减缓效率最大化，达到减少项目运行阶段碳排放量（场内）的目的	1、高性能建筑标准； 2、发展绿色交通，限制私家车出行； 3、集中式海水制冷系统。
柯林斯堡	2020 年减少温室气体 20%，到 2030 年减少 80%	1、混合直流微型智能电网建设； 2、可再生能源和分布式系统集成； 3、地源热泵； 4、热电联供。
全国西部证券展综合体	Complex 的总体规划愿景囊括了为能源、废弃物和水创造“净零”或“闭环”系统的目标。能源方	——

	面的目标是建立一个“净零”能源区，优先考虑技术和行为策略以提高效率，并在完全建成后 5 年内使用当地的可再生能源。	
加州大学戴维斯分校（西村）	——	1、屋顶与停车库光伏； 2、垃圾填埋气体与生物沼气发电； 3、住宅太阳能光伏； 4、电动汽车。
米拉玛海军基地	——	1、锅炉替代； 2、控制； 3、再调试； 4、自然采光； 5、微电网、垃圾填气体发电、太阳能发电、动力液体电池储能。
布鲁克林微型智能电网	——	1、微电网； 2、虚拟能源市场。
SW 生态小区	——	1、天然气冷热电三联供； 2、既有建筑节能改造； 3、屋顶太阳能光热和光伏系统； 4、饮用水和非饮用水系统分离。
Living Zenith	——	1、建筑朝向和窗户布置； 2、良好的围护结构和密闭的墙壁和屋顶； 3、高性能(主要是三窗格)门窗； 4、最小空间调节的热湿回收通风； 5、顶太阳能光伏板和充电设施； 6、可为一辆电动汽车充电； 7、建筑使用可持续的材料，以保持良好的室内空气质量，如羊毛地毯，使用不含挥发性有机化合物(VOCs)或甲醛的材料。
巴兰加鲁(澳大利亚)	——	1、高层建筑设计调整朝向、采用遮阳板； 2、空调海水冷却系统； 3、建筑光伏发电； 4、购买可再生能源； 5、采用交叉层压木材(CLT)和胶合木(胶层压)。

2.3.2 国内建设案例

2.3.2.1 我国零碳城市、区县

1、河北省承德市

2015 年 10 月，河北省承德市提出创建我国首个零碳城市的战略目标，承德建设零碳城市的战略构想重点是实施清洁电力、替煤供热、绿色交通、绿色建筑和森林碳汇五大工程。

到 2020 年，承德市 100% 的电力消费来自可再生能源，基本形成以可再生能源为主的能源保障和供应体系。2014 年，承德市风电装机并网能力已经达到 240 万千瓦，太阳能达到 22 万千瓦；风力发电量为 48.05 亿千瓦时，折合 59 万吨标准煤，森林覆盖率达到 56%。而 2014 年承德市能源消费总量超过 1000 万吨标准煤，单位 GDP 能源消费量超出全国平均水平 10%（GDP 根据 2005 年不变价格核算），因此确定承德市到 2025 年建成碳中和城市，2040 年建成零碳城市的目标较为合理。

2、湖南省长沙市长沙县

2014 年，湖南省长沙市长沙县制订了零碳县发展模式试点实施方案，提出主要通过速生碳汇草捕碳固碳技术，实现零碳发展目标。从能源发展实践分析，长沙县提出的零碳县目标实际上仅是碳中和方案，而非国际上采用零碳能源实现零碳排放的发展模式。

2014 年，长沙县能源消费总量约 600 万吨标准煤，煤炭、石油和天然气占能源消费总量比重超过 75%，而封存标准碳产品仅 10 万吨左右，仅占化石能源消费总量的 2% 左右，离碳中和县目标相距甚远，但其捕碳固碳技术的应用与推广对全国其他区域实现低碳发展与生态文明建设具有一定的示范效应。

3、河北省崇礼县

2015 年河北省张家口市崇礼县提出实现奥林匹克中心和其他赛场用电 100% 采用可再生能源，专区内交通运输全部采用可再生能源设施供能的目标，并制订《崇礼区零碳智慧能源城市建设方案》。

按照冬奥会规划，到 2022 年崇礼城区清洁能源供热面积将达到 460 万平方米。结合此目标，《方案》分别就清洁电力集中采暖工程、太阳能跨季节储热集中采暖工程、天然气热电联供集中采暖工程进行投资预算和理论数据测算。经综合分析，数据对比后，建议采用太阳能跨季储热集中采暖技术，直接利用风电能源实现采暖“煤改电”。同时，在奥运核心区农村、县城周边农村及远郊农村 2 万多户建筑，利用光伏、生物质颗粒燃料等实现农村能耗的清洁替代，使得在经济最优的条件下，崇礼城区全部实现电能替代，达到零碳。

同时在《河北省张家口市可再生能源示范区发展规划》中明确指出力争 2022 年冬奥会前崇礼县用能基本使用可再生能源，并逐步在示范区内推广。建设低碳奥运场馆。以崇礼县可再生能源电力作为奥运场馆用电的主供电源，周边县区的电力作为辅助电源，实现奥林匹克中心和其他赛场用电 100%采用可再生能源。建设 4-6 座 10 万平方米级以上大型太阳能集中供热站，实现奥运场馆所有建筑采用可再生能源供热。

4、围场满族蒙古族自治县零碳能源互联网片区

我国首个国家级零碳能源互联网片区可以作为零碳社区建设的典型。该片区位于河北省承德市围场满族蒙古族自治县，通过将可用于能源互联网建设的屋顶、土地、生物质及地下资源全部注入实体公司，根据新型能源互联网片区整体解决方案，整合节能建材、光热、光伏、生物质及风电等资源，以及大规模储能和非燃油交通工具，采用拥有自主知识产权的最新智能能源互联网管理系统，打造新型零碳社区。其能源互联网片区发展模式在全国大气污染最为严重的京津冀地区快速推广，对于短期内缓解和改善区域大气环境质量，以及提供大量清洁可再生能源具有示范效应。

该项目拟建设各类可再生能源综合开发、总装机容量相当于 100 兆瓦的可再生能源利用系统。项目建成后，每年可发电 2.3 亿度，减少煤炭使用 8.3 万吨，减少二氧化碳排放 23 万吨。相当于每年种树 8.5 万株，化解 17 万辆汽车排放的二氧化碳。不但全区域实现零碳排放，而且可以向电网提供大量清洁电力，为缓解京津冀地区的环境压力作出贡献。

2.3.2.2 宁波诺丁汉大学可持续能源技术中心

(1) 项目概况

宁波诺丁汉大学可持续能源技术研究中心于2008年9月正式成立，是高莉可持续发展研究院的一期项目。这座建筑本身也是一座展示最新生态节能和建筑技术示范样板楼。

占地面积3878m²，地上五层、地下一层。总建筑面积1556.3m²，地上建筑面积705m²，地下建筑面积851.3m²。该建筑综合了世界最先进的建筑节能设计理念和绿色建筑技术研究成果，通过别具特色的设计，尽量利用当地材料、减少物化能量、降低对环境的影响、最大程度地降低建筑的能源需求，通过可再生能源资源的集成利用，实现能源的自给自足，进而创造一个节能、健康、舒适和安全的建筑环境。

建筑主楼外层幕墙的大部分是不透明的，整个主楼只有南向有开窗，其它三面均为不透明玻璃所覆盖。这种设计不但出于造型上美观的考虑，更多的是考虑节能需求：阻挡冬天的北向寒风，引导南向气流，同时获得最佳采光面。



图 2-26 可持续能源技术研究中心

(2) 应用的技术措施及运行效果

可持续能源技术研究中心办公楼的设计旨在应对宁波地区气候特征，在确保大楼使用舒适度的前提下，实现能源的自给自足。建筑形式、材料和构件的选择使得建筑能够随季节的变化做出动态的回应，以便将采暖、制冷和人工采光的能

量需求降至最低。为了促进这种动态的气候回应，在关键部位设置了自动控制的通风口启动装置(根据建筑内外安装的温湿度传感器的信号进行自动控制)。为减小对环境的影响，大楼的能量需求由可再生能源太阳能、风能的转化以及浅层地源热泵来满足。

1) 被动式节能策略

被动式节能设计通过建筑体型、覆土设计、围护结构设计、热质材料设置、自然采光、自然通风组织等措施，减少建筑采暖、制冷、通风和照明的电力消耗，达到建筑节能大于65%的设计目标。

建筑体型设计。可持续能源技术研究中心办公楼建筑采用整体体量，以减少围护结构表面积，半地下的实验室充分利用土壤的热工性能，提供热稳定性，并且通过埋管利用环境能源实现夏季土壤制冷和冬季覆土保温。

围护结构设计。作为公共建筑该大楼具有良好的保温隔热性能，通过围护结构热性能的改善将热损失降至最低，以减少采暖和制冷需求。各朝向的窗墙比分布可以增加南向太阳得热和减少其它朝向的热损失。南立面为封闭的玻璃“双层表皮”，提供热缓冲区和促进被动式预热新风，以及排放夏季过热的空气。东西两侧墙体增设穿孔的“开放式”第二层表皮，以增进日照控制和排除过多的太阳得热。外窗采用断热铝合金中空LOW-E玻璃窗，外窗平均遮阳系数0.4，建筑采用节能外门。



图 2-27 开放式玻璃幕墙内外部

采光设计和日照控制。可持续能源技术研究中心大楼的采光设计目标是最大限度地获取自然光，将人工照明的需求降至最低，同时避免眩光和过度的太阳得

热。良好的建筑光环境不仅降低了人工照明的用电需求，节约了电能，也减少了夏季由于灯具产生的制冷负荷，进一步减少了制冷能耗。此外，大楼还采用了智能照明控制系统和节能灯具实现绿色照明，当自然光照度达到室内照明要求时，照明电源自动切断，节电效率 $\eta > 50\%$ 。

半地下室部分的东西两侧部分开窗，其顶部设有四个倾斜的三角形天窗，以确保半地下室部分充足的自然采光。大楼的塔楼部分由于办公楼立面除南向有大片玻璃可采自然光外，中部采光井有开口于屋顶的玻璃天棚，通过多次反射将柔和的自然光送达各楼层。中庭的贯通流动空间也有利于光线在大进深空间内部的渗透。



图 2-28 采光天窗



图 2-29 采光井

通风和空调系统设计。由于该建筑不采用常规的采暖和制冷系统，自然通风的组织显得尤为重要。通过结构设计，该建筑南向双层立面和采光井之间的压力差使得立面内部的热缓冲区产生连续的气流，促进空气交换的效果。大楼所有窗都装有电动可总控的启闭装置，可根据建筑内安装的感应设备的反馈，确定各外窗及百叶的开启程度。

冬夏两季，浅层地热资源的利用成为新风加热和制冷方面节能的主要手段之一。应用土壤预处理新风的地风管系统，室外新风引入后，通过埋设于地下的PE管与土壤进行热交换，达到节约空调耗能的目的。

空调采用天棚辐射顶加新风置换送风空调方式。室内制冷与采暖均采用天棚辐射顶，空调PB管埋设在400mm 厚混凝土厚板中，利用混凝土表面作为辐射面来进行能量交换。该种方式充分利用LTDS体系（低温差异系统）温度稳定的特点。夏季则利用新风置换送风的方式去除室内湿负荷。

在夏季极端气候条件下，从屋顶除湿器中经过冷却的新风进入采光井，通过每层的电动天窗送入室内，再通过电动外窗排至双层表皮通道内，热空气由于浮力作用上升至屋顶，由电动风门排至室外，实现整个建筑内部空气的自然流动，半地下室中过热的空气从地面通风口中排出。建筑内部的温度梯度分布从19.9℃至顶层的27℃，平均温度24.5℃。这意味着仅采用自然通风模式就可以达到适中的温度分布和气流速度，仅在人员密集时间段需要启动主动式制冷设备。

在冬季，新风从双层表皮通道内进入并被太阳照射预热，在南向双层立面内形成烟道效应，预热的新风在经过换热片被进一步加热后送入室内，然后通过电动百叶排至采光井，由于浮力作用而上升至屋顶，经由电动风门排至室外。在正常气候条件下，南向双层立面内部的温室效应可将新风预热至15℃，室内平均温度可达18℃。

春秋两季，自然通风成为办公楼主要通风方式，双层立面和贯通建筑高度的采光井充分利用烟道效应，从屋顶通风口和中庭通风口抽出的空气促进了建筑内部的空气循环。室内温度为19℃-26℃。通过充分的设计考虑，该办公楼建筑在自然通风的模式下可以达到相当高的舒适标准，在极端冷热气候条件下，利用地热能源的顶棚辐射采暖和制冷系统在已有的自然通风驱动下，可以满足所需的采暖和制冷负荷。

大楼冬季通过南向双层立面的被动式太阳得热对新风进行预热，有效地减少了采暖需求。春秋两个季节的自然通风模式加上从环境中获得的地冷源可以大大降低制冷需求。通过人为控制的夏季夜间降温措施积极利用了混凝土楼板的热惰性，有效地减少了白天的过热。该建筑实现了高性能、低能耗的设计目标。

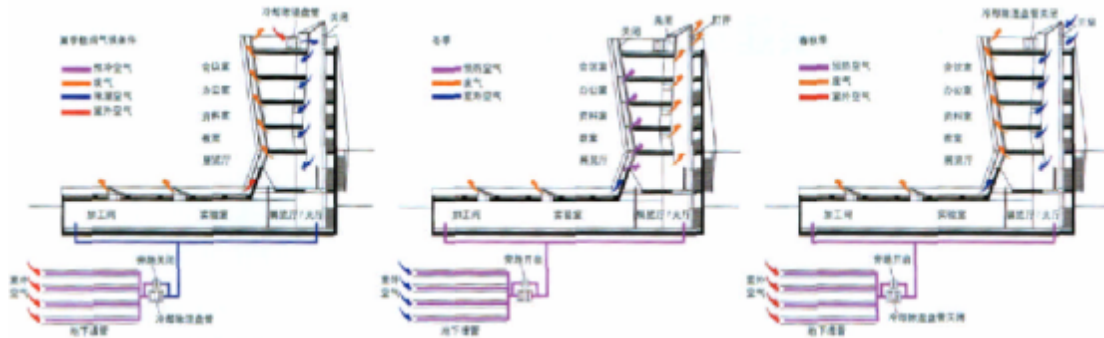


图 2-30 不同气候条件下采暖通风示意

2) 可再生能源利用

该建筑充分利用太阳能、风能及浅层地热等可再生能源资源，通过可再生能源的集成实现建筑的能源需求不依赖或基本不依赖于电网，从而实现能源的自给自足。

该建筑集成43.7KWp太阳能光伏独立发电系统和0.5kWp小规模风力发电系统。目前有较先进的设计将光伏电池板与建筑幕墙相结合，作为建筑的外表面，但本工程并未采用此做法，主要原因是南立面是大楼开窗最多的面，需要满足大楼采光和被动式采暖等功能，不宜采用光电转换效率较高的PV系统替代玻璃幕墙。光伏电池板需要占用一定的场地，本设计安排在建筑南侧的坡地上，示范用的风力发电机安装在屋顶。

本大楼冬、夏两季采暖和制冷的能耗需求设计目标为：冬季采暖能耗为11.6kWh/m²，该指标已达到欧洲被动式住宅采暖能耗指标，白天室内平均温度为18℃；夏季制冷能耗为49.1kWh/m²，除湿能耗为29.5kWh/m²，在3层平面中，只有3%的时间温度超过28℃。在春秋两季的自然通风模式下，大楼室内外温度基本接近。

整个大楼的空调系统采用地源热泵冷热水机组与太阳能吸收式溴化锂冷水机组，设计效率：溴冷机组制冷效能0.72；地源热泵制冷效率5.0，制热效率4.0。地源热泵双U管系统，其主要特点是冬夏季综合能效比(COP)比较高，由于本工程建筑面积小，占用室外场地大，地源热泵系统采用室外打桩埋管的设计。

太阳能驱动吸收式溴化锂冷水机组，制冷时由太阳能集热系统作为热水来源，驱动溴化锂冷水机组制冷。采暖时则作为空调系统辅助热源。114m²太阳能集热管需要占用一定的场地，本设计屋顶建筑面积很小，无法利用，所以太阳能集热

管安装在建筑南侧的坡地上。



图 2-31 太阳能系统

3) 智能楼宇控制

大楼采用了智能化的感应与楼宇控制系统,以实现最大限度的节能。该建筑的采暖和制冷系统均采用直接数字式集中检测控制系统(DDC 系统),实现对系统冷热量的即时监测和记录,对室内气温和湿度进行监控,根据室外气象条件的变化和室内条件变化自动调节建筑内部的冷热量供应和通风窗、百页的开启程度。温控范围:夏季25-27℃,冬季20-22℃,管网设计效率达到96%。

2.3.2.3 香港零碳天地

(1) 项目概况

为应对气候变化,香港政府已为减少温室气体排放提出建议目标。在香港,建筑物是温室气体排放的主要来源,所以,建筑物既是减低碳温室气体排放的挑战,亦是减排的机会。由此可见,建筑业对于减排担当着重要角色。根据香港建造业议会条例,建造业议会其中一个重要职能为推动环境保护、可持续建设以及良好的建造行业实践。因此,建造业议会与香港政府合作发展零碳天地。

占地14700m²(零碳建筑占地约1400m²,其余为公众休憩绿化区),室内包

括展览及教育场地、绿色办公室、绿色家居及会堂，公众休憩绿化区包括广场、室外展区、香港首个都市原生林及绿色茶室。



图 2-32 香港零碳天地

零碳天地项目旨在向本地及世界各地的建造业展示环保建筑的尖端科技及先进设计，并提高市民对可持续生活模式的认知。

1) 零碳排放：香港首座零碳建筑。以每年运作计算，透过利用可再生能源就地发电，回馈电网，抵销从电网中使用的能源。

2) 产能建筑：透过光伏板和以生物柴油推动之三联供系统，现场生产可再生能源较营运时所需的能源更多。比国际一般意义上的零碳建筑更胜一筹，可以把剩余的能源回馈公共电网以抵消建造过程及主要建筑材料本身在制造和运输过程中所使用的能源。

3) 优化气候：绿化区占项目总面积逾50%，改善周边微气候，减少城市热岛效应。

4) 转废为能：使用由废食油再生的生物柴油发电，能源利用率达70%，而一般发电设施只能利用40%。

5) 都市原生林：香港首个都市原生林。

6) 绿色建筑评核认证：达到绿色建筑环保评核体系BEAM PLUS认证的最高级别——白金级认证。

7) 教育：开发于公众参观，预期可接待访客人数达40000人次。

8) 实验：旨在启发公众及业界人士作出积极的改变，朝着减少碳排放及可

持续生活模式迈进。

9) 评估：透过实时监控超过2800个智能监测仪器，作全面的建筑管理。

10) 演进：灵活的设计以应付不断发展的低碳及绿色建筑的技术及要求。

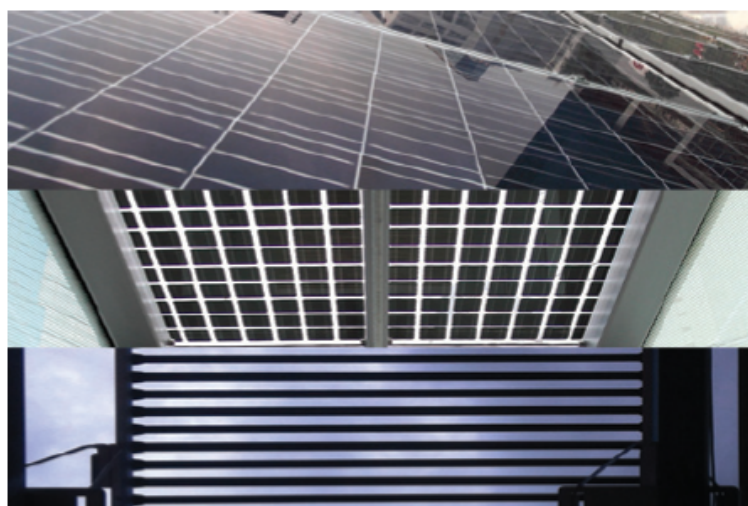
(2) 近零碳技术措施的应用及运行效果

1) 建筑设计

首要是节省能源，通过被动式建筑设计减少20%的能源消耗，锥状和长形建筑形态能同时增加室内的空气流通和采光，并减少太阳热量吸收。对流通风布局能增强自然通风和减低空调需求，高性能外墙和玻璃、及室内外遮阳降低建筑物总热传值（OTTV）至 11W/m^2 （比现时法规容许的最高值低80%以上）。

其次是高能源效益，通过环保机电系统减少25%的能源消耗。高流量低转速吊扇能增强空气流动和减少空调需求，干燥剂除湿能避免为降低湿度而过度制冷，地板送风能使用较高的冷风温度有效地为使用者降温（比传统空调系统高 5°C ）。

利用可再生能源发电：生物柴油三联供机组每年可制造143MW/h的能源，将能源利用率提高到75%，来自电网的传统发电的能源利用率只有40%。光伏板（共三种：多晶硅、建筑一体化薄膜圆筒形CIGS太阳能光伏板），每年可制造约87MW/h的可再生能源，而建筑主楼的屋顶倾斜以收集最多的太阳能辐射，太阳能热水系统供应绿色茶室热水。



PV-3 钟光伏板：多晶硅（上）、建筑一体化薄膜（中）
和圆筒形 CIGS 太阳能光（下）

图 2-33 不同类型光伏板

2) 混合通风设计

自然通风设计适用于一年中30%的时间（1月~4月），通过楼宇设备管理系统覆盖自动控制高层窗户，并有手动调节选项；低窗进行手动控制，并透过楼宇设备管理系统监察。辅助自然通风设计（3月~6月，10月~12月）通过高流量低转速吊扇来加强空气流动。由楼宇设备管理系统自动控制地板送风系统（每年运作8个月）及冷樑冷却系统（每年于最热时段运作约5~6个月）。

3) 低隐含碳材料和施工

混合土结构使用了高百分比（25%~35%）的粉煤灰（PFA）；在地基建设时采用均衡的挖填设计施工，挖掘出的土方用于建设都市原生林；施工方法强调使用更少建材和产生更少废料以节约资源（例如清水混凝土和减少装饰油漆）；石龙围墙使用现场工地拆卸回收的建筑废料；使用本地区生产的材料（例如环保地砖和架空地台系统）；使用低隐含碳材料（例如引道标示所用的锌板）。

4) 高密度景观设计

零碳天地园景设计的目的是：于夏季时提高降温效果以提升舒适度、优化视觉景观及增加生物多样性、实现零碳天地及园境区的零碳排放目标。

零碳天地共栽种约370棵树，其中超过300棵为本地品种，绿化区占零碳天地总面积逾50%。高绿化率提升降温效果，估计可降低空气温度约1℃，改善微气候，减少城市热岛效应。每棵成年树木每年吸收约23kg的二氧化碳，绿化区既可以吸收二氧化碳又可以冷却周围空气。

都市原生林的面积约为2000m²，占零碳天地总用地面积逾13%。原生林中栽种了约220棵逾40个品种的原生树，不同种类的原生灌木，为野生动物提供食物和庇护以吸引它们于城市生活，城市环境中营造有利于野生动物和人类的高质素生态系统。植物品种主要根据以下四项标准作出选择：（1）植物品种组合的多样性；（2）树木最终大小和形态的多样性；（3）为本地野生物种带来食物和庇护的植物；（4）植物本身具有观赏价值的花或果实。

5) 可持续建设

可持续建设的方法是使用可回收及可持续的建筑材料：如环保地砖、如森林管理委员会（FSC）认证的环保木材、于园区内的石龙围墙采用地盘内的建筑及

拆卸废料。均衡挖填设计，于都市原生林中采用建筑过程中挖出的泥土，减少挖掘以减少建造废料。

2.3.2.4 天津生态城公屋展示中心

(1) 项目概述

公屋展示中心是天津中新生态城公屋售楼处及房管局办公楼，总建筑面积3467m²，地上3066m²，地下462.5 m²。建筑位于天津中新生态城 15号地块北侧，城市主干道交口南侧，交口处有一个已经建成的街角公园，周边用地条件也较为紧张，地块内要给未来建筑预留条件。

本项目地下一层，层高5m；地上两层层高为4m；正中高起矩形中厅，高度14m。建筑的外表皮由北向南环抱。一道南北向的弧形桁架跨越建筑，桁架最高点高度为15m。

公屋展示中心，以国家绿建要求“四节一环保”为基础，以达到“一零四金的节能型建筑”的目标。“一零”是指零能耗的绿色公共建筑，即建筑的全年能耗能够全部由场地所产生的可再生能源提供，也叫做场地净零能耗。“四金”则是指“国家绿建三星”、“生态城绿建白金”、“LEED白金”、“新加坡GREEN MARK白金”4个奖项。

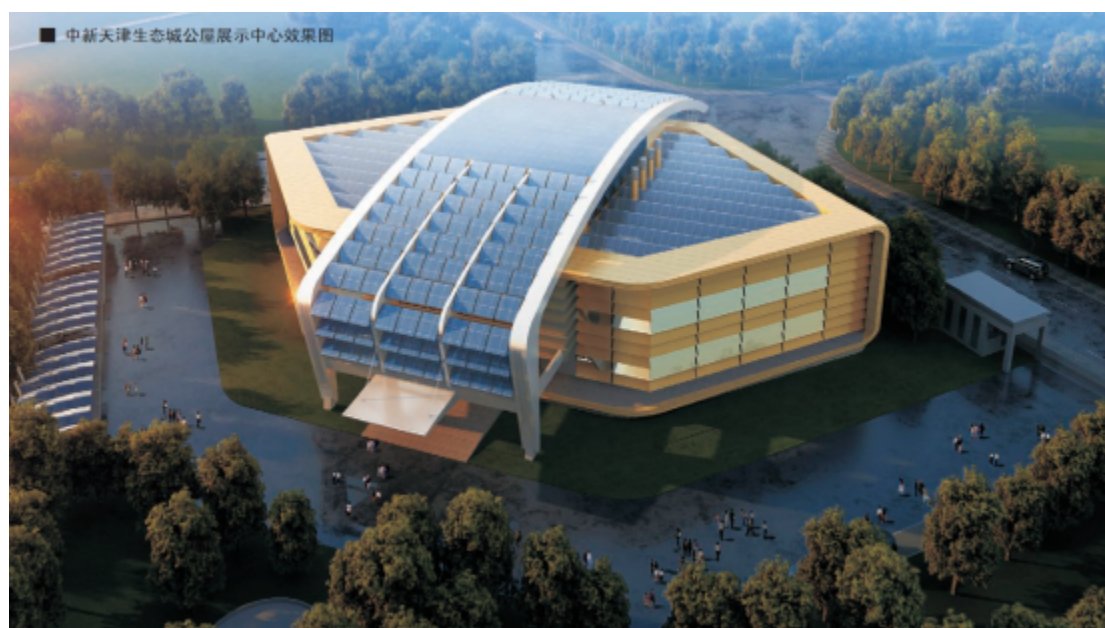


图 2-34 公屋展示中心效果图

(2) 近零碳技术措施的应用及运行效果

1) 建筑朝向和平面布置

建筑朝向选择应充分考虑自然通风和自然采光的需求。本项目建筑朝向为南北向，可充分利用夏季和过渡季节的室外新风，实现良好的室内自然通风效果，降低空调系统能耗。在平面布置时，将办公室、会议室等人员主要活动的区域布置在南向，保证良好的采光后和日照，有利于人员身心健康，而档案室等区域布置在北侧，避免太阳直射，利于资料存储，建筑平面整体规划合理，赋予人性化。建筑规划为规则的六边形，体型系数为0.22。

2) 场地绿化

场地的绿化布置直接影响建筑所在区域的局部微气候，增大绿化面积可直接减少夏季区域吸收的太阳辐射量，对于缓解城市热岛效应十分明显，进而间接的降低建筑夏季空调能耗，达到节能的目的。本项目室外采用适合天津地区的乡土植物，优化乔木、灌木和草坪的搭配，形成富有生机的复层绿化体系，场区的绿地率达到67%，改善局部气候的效果较明显。

为充分降低夏季空调系统的能耗，项目还在屋面设置了屋顶绿化，其比例达到80%以上，预计可实现夏季空调节电量20%~25%。

3) 围护结构设计

本项目建筑外墙采用300mm厚04级蒸压轻质砂加气混凝土砌块外贴150mm岩棉保温，平均传热系数可达到 $0.16\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，屋面铺设300mm厚挤塑聚苯板，传热系数为 $0.14\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。

外檐门窗、幕墙采用PA断桥铝合金双中空(双银Low_E 6无色+12Ar+6无色+12Ar+6无色)，建筑各朝向窗墙比均满足《天津市公共建筑节能设计标准》(DB29-153-2010)的要求，外窗传热系数为 $1.10\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，东西向外窗综合遮阳系数为0.39。外窗气密性能不低于《建筑外窗气密性能分级及其检测方法》GB/T7106-2008中规定的6级。

4) 自然采光设计

为了改善地下室及部分大进深房间的自然采光效果，本项目在地下空间设置3个光导筒，为楼梯间、爬梯出口及电池间提供自然采光，地下空间的平均采光

系数由0提升到了0.23%；屋顶设置20个光导筒，为档案库、办公室、会议室、卫生间及无自然采光条件的房间提供自然采光，一层的整体平均采光系数提升了0.99%，二层的整体平均采光系数提升了1.21%。整体评价区域约88.49%的主要功能空间采光系数能够达到采光要求。

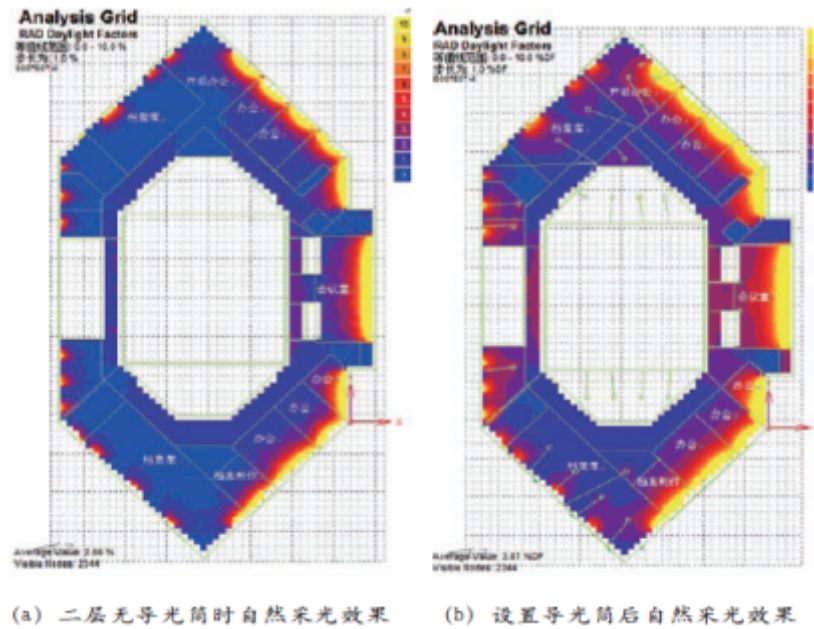


图 2-35 自然采光效果对比

5) 自然通风设计

本项目从以下三个方面考虑增强室内自然通风效果：

建筑朝向，中新天津生态城夏季主导风向为SE，过渡季节主导风向为SW，本项目建筑呈梭形，为东西对称，朝向为南北朝向，可充分利用夏季和过渡季节的主导风向。

外窗设置，应增加迎夏季和过渡季节主导风向的开窗面积，经核算外窗和幕墙可开启面积比例达到66%以上，便于实现自然通风。

合理利用建筑中庭、天窗等，增强热压通风效果。通过外窗直接通风，在过渡季节利用室外的采风口、室内地下层的自然通风道及屋顶电动天窗，将室外自然风引入室内共享大厅，在室外温度为18℃时，基本可保证室内较舒适环境，达到强化自然通风的效果。

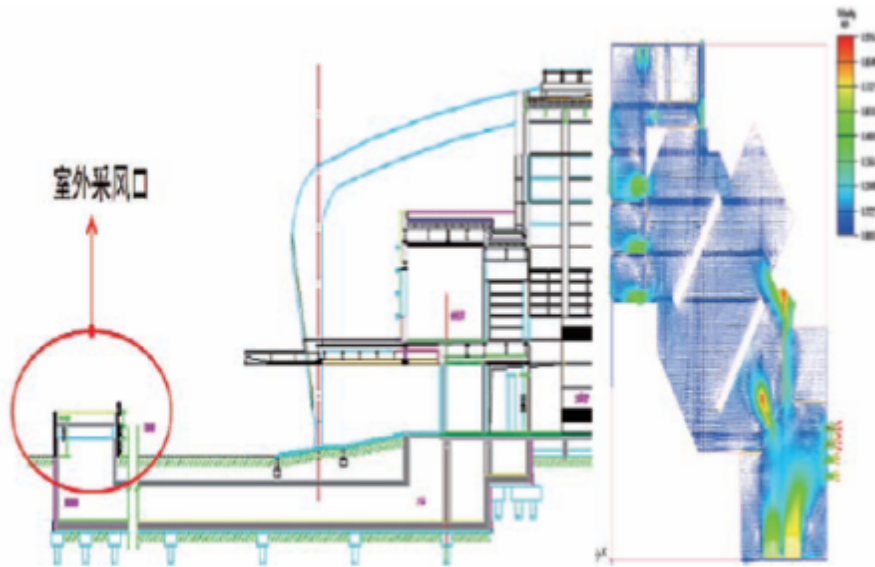


图 2-36 自然通风模拟效果

6) 空调系统节能设计

本项目采用地源热泵机组为建筑提供冷热源。空调总冷负荷为193kW，高温冷水地源热泵机组负担冷负荷175kW，VRF负担冷负荷18kW。总热负荷为173.5KW，高温冷水地源热泵机组负担热负荷168kW，VRF负担热负荷5.5kW。经过计算，地源热泵系统的能效比，制冷COP=5.93，其能效远远高于一级能效标准，节能效果明显。

在空调末端设计方面，本项目根据各区域功能的不同，选择合理的节能措施：交易大厅、大厅、公屋交易大厅采用单区变风量全空气空调系统，送风机变频。变频风机可根据建筑负荷自动调节送风量，实现节能的目的。

空调系统所需新风由统一设置的溶液调湿新风机组提供，公屋展示大厅末端采用毛细管网辐射系统，在吊顶内敷设毛细管，通过饰面板向下散热和吸热，冬季部分房间采用地板辐射采暖系统。辐射供冷在夏季降低围护结构表面温度，加强人体辐射散热份额，提高了舒适性，经模拟分析，辐射系统可节约空调系统能耗25%~30%；而地板辐射采暖同样提高了冬季室内人员的热舒适，并可提高供热效率10%以上。

小开敞房间采用干式风机盘管加新风系统，风机盘管为直流无刷型，可提高风机效率19.5%，有效降低风机能耗。

各新风管道分支均安装定风量调节器，与室内CO₂传感器联动。当室内CO₂

浓度超标时，自动增加送风中的新风比例，在保证室内良好空气质量的同时兼顾节能效果。采用各项优化设计后，本项目采暖和空调系统的总能耗下降了55.9%，节能效果十分明显。

7) 照明系统节能设计

公共建筑照明系统的能耗占建筑总能耗的比例约为22%~28%，本项目含部分展示功能，对照明的需求较高，照明节能对建筑能耗降低有重要意义。降低建筑照明能耗的措施有两个：一是采用节能灯具，二是采用合理的节能控制措施。本项目室内一般照明采用细管径直管型荧光灯（T5三基色荧光灯）、LED灯、金属卤化物灯等高效照明光源，并且各房间或场所的照明功率密度值按照现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034规定的目标值进行设计。

区域	照明装置	采光措施	控制策略	控制效果
内走道	LED	光导筒	人体感应	根据人的进入和离开，自动地控制照明的ON/OFF，可以防止忘记关灯
靠窗办公室	荧光灯	侧窗采光	调光+人体感应+门禁	自动探测房间的亮度，进行照明的ON/OFF或调光控制
内办公室	荧光灯	光导筒	调光+人体感应+门禁	自动探测房间的亮度，进行照明的ON/OFF或调光控制
卫生间	LED	侧窗采光	人体感应+调光+定时	由程序定时器预先设定的日程信号进行场景的切换控制。
大厅	荧光灯	天窗采光	调光+定时	自动探测房间的亮度，进行照明的ON/OFF或调光控制
设备用房	荧光灯	侧窗采光	调光+定时	自动探测房间的亮度，进行照明的ON/OFF或调光控制

图 2-37 照明节能设计

8) 太阳能综合利用

中新天津生态城的气候属于大陆性半湿润季风气候，四季特征分明，年平均日照时数为2898.8小时，平均日照百分率为64.7%，可进行合理的太阳能开发利用

用。本项目太阳能利用包括两个方面：一是太阳能热水，二是太阳能光伏发电。

太阳能热水设计。本项目采用太阳能热水为主、电热水器辅助加热的生活热水供应系统，设置集中式太阳能热水系统，将太阳能集热板敷设于屋顶，水箱设置于室内。采用间接式太阳能系统，利用防冻介质换热，加热储水箱中的水。太阳能热水系统日产水量 $1.24\text{m}^3/\text{d}$ ，全年所能提供的热水量为 $250.57\text{m}^3/\text{a}$ ，占全年生活热水需求的81%，年节约用电1.39万kWh。

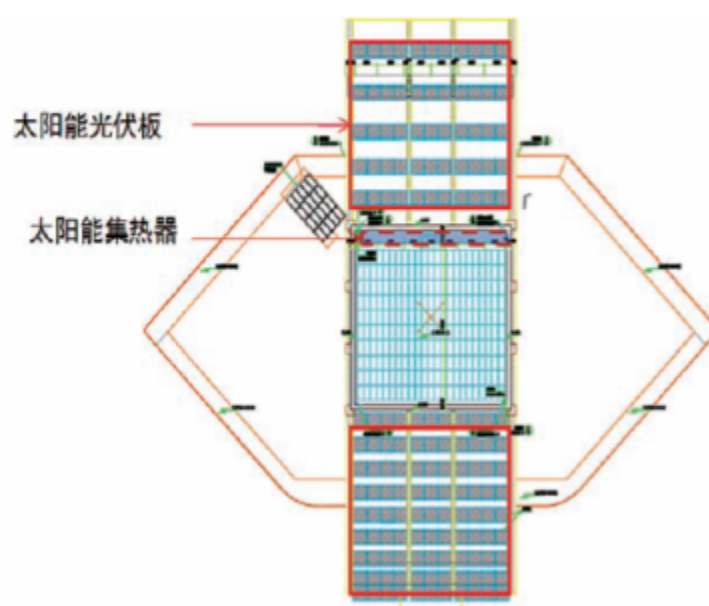


图 2-38 屋顶太阳能光伏板与集热器布置情况

太阳能光伏设计。本项目作为天津生态城光伏发电技术试用的重点工程，同时承担光伏发电技术相关科研工作。项目在屋顶合理布置光伏板，组件转换效率为16.7%，电池转换效率为18.9%光伏发电总装机容量约303kWp，全年发电量约295.36MWh，原则上可满足建筑全部的用电需求。光伏发电系统接入公共电网的用户侧，实现负载供电。

为了在不影响建筑立面效果的同时最大限度的利用太阳能资源，本项目光伏技术设计时充分考虑与建筑的一体化设计：在屋顶设置弧形的光伏板支架，增加屋面布置光伏板的面积，光伏板布置与建筑整体风格一致，优雅大方，同时使展示中心更富有现代感和科技感；在建筑南向设置光伏板支架，通过计算机模拟分析支架的形状与流线，将光伏板与建筑外遮阳和自然通风相结合，充分体现实用性。

安装位置	安装片数	安装角度	装机容量 kWp	年发电量 MWh/a
中心弧形南北两侧	308	32°	64.68	69.6
弧形区域中心区	220	0°	46.2	50.36
两侧三角形区域	618	0°	129.78	119
车棚	249	0°	52.29	56.4
总计	1395		292.95	295.36

图 2-39 太阳能光伏板设计情况



图 2-40 建筑南向太阳能光伏与建筑一体化设计效果图

2.3.2.5 小结

通过对国内的近零碳案例建设情况调研后可知：

- 1、国内相关零碳研究起步较晚，特别是大的尺度（城区、社区等）研究内容，多为 15 年左右才开始建设，目前还在规划建设阶段；
- 2、根据现在起步的建设情况可知，要达到零碳/近零碳的要求，必须大力发展清洁能源替代传统的化石能源；
- 3、国内的建设案例目前更注重强调能源结构的优化，而对于其他方面（交

通、废弃物处理等)，涉及的不多；

4、针对建筑的零碳研究，相应的技术措施国内外均比较类似，基本包括三大部分内容：减源、增汇以及可再生能源利用。

2.3.3 国内拟建试点案例

2.3.3.1 广东省试点情况

2017 年 11 月，广东省发布《2017 年省级近零碳排放区示范工程试点项目公示》，明确汕头市南澳县近零碳排放区城镇试点（补助金额 450 万元）、珠海市万山镇近零碳排放区城镇试点（补助金额 400 万元）、广东状元谷近零碳排放区园区试点（补助金额 375 万元）和中山市小榄镇北区近零碳排放区社区试点（补助金额 350 万元），合计资助金额为 1575 万元。

（1）汕头市南澳县近零碳排放区城镇试点

南澳县陆地面积 113.8 平方公里，海域面积 4600 平方公里，人口 7.6 万，主要产业包括旅游业、海水养殖业、农业等。

南澳县近零碳排放区建设内容主要有四方面：①低碳旅游，包括测量旅客碳足迹和开发旅客 CFP 和碳币之间的闭环交换；②发展风电，每年可产生 $3.6 \times 10^9 \text{kWh}$ ；③用电动公交车替换所有公共交通工具；④进一步发展森林碳汇。

到 2020 年，预计南澳一年的二氧化碳排放量将达到 7.4 万吨，这将完全被其风力发电的减排量所抵消，这种方式既可持续又把风力发电并入电网。通过试点建设，南澳县将实现二氧化碳零排放。

（2）广东状元谷近零碳排放区园区试点

广东状元谷电子商务产业园位于广州市黄浦区，是一个物流园区，整个园区占地 0.348 平方公里，建筑面积 40 万平方米，2016 年产值为 97.9 亿元。

广东状元谷电子商务产业园近零碳排放建设内容包括：所有建筑物屋顶设置光伏系统、碳信息监测管理系统、所有建筑物开展节能改造、用电动车辆（如叉车、通勤巴士）更换所有燃油机动车等。

到 2020 年，其自身的可再生能源将覆盖该园区约 60% 的电力消耗，每年二

氧化碳排放预计为 1300 吨。

2.3.3.2 浙江省试点情况

2018 年 2 月 5 日，浙江省发布近零碳排放试点共计 15 个，包括近零碳排放城镇试点 6 个（常山县球川镇、江山市凤林镇、黄岩区智能模具小镇、文成县玉壶镇、永嘉县大若岩镇、嵊泗县嵊山镇）、近零碳排放社区试点 4 个（安吉县余村、天台县桥南社区、庆元县安南乡安溪村、南湖区世合理想大地）、近零碳排放园区试点 1 个（长兴县画溪新能源近零碳排放园区）、近零碳排放交通试点 4 个（萧山区传化智联股份有限公司、高新（滨江）区杭州优行科技有限公司、丽水驿动新能源汽车运营服务有限公司、慈溪市交通集团有限公司），但是政府均未给予财政补助。

（1）长兴县画溪新能源近零碳排放园区

长兴县画溪新能源近零碳排放园区创建按照“一核六翼”的思路，大力推进近零碳排放试点工作：即围绕“源网荷储售”的新能源发展核心，积极打造近零能源、近零产业、近零建筑、近零交通、近零生活和近零生态等试点项目。其中“一核”项目 1 个，“六翼”项目 20 个，包括近零能源项目 1 个，近零产业项目 10 个、近零建筑项目 1 个、近零交通项目 2 个、近零生活项目 3 个、近零生态项目 3 个，2018-2020 年三年建设期内计划总投资 44.06 亿元。力争到 2020 年，长兴画溪新能源近零碳排放园区单位规模以上工业增加值碳排放低于 0.2 吨二氧化碳/万元，单位地区生产总值碳排放量低于 0.15 吨二氧化碳/万元，努力将园区建成为转型升级的近零碳排放示范区、低碳经济的试验区和高新产业的核心区。

根据新能源小镇的建设进度，到 2018 年底，在试点园区内将建成总容量为 10MW 的分布式光伏发电系统，覆盖 2.4 平方米的冷热能源站，10 台 60kV 直流充电站和容量为 0.25MW/1.2MWh 的储能电站，打造以“多能互补联供、源网荷储协调”为特色的综合能源供给体系和智慧能源互联网运营模式，有效促进新能源产业发展。具体来看，试点园区内，中钢新材料推广了 4 万平方米太阳能屋面发电示范项目，正泰、晶科以及超威、天能、浙能集团在太阳能光伏发电应用方面积极实施工业和民用项目，已建成超过 10 万平方米太阳能光伏发电屋面。

（2）梅山国际物流产业集聚区

在宁波打造近零碳排放的“梅山模式”。“十三五”时期，梅山国际物流产业集聚区将充分依托梅山生态环境优势，以打造国际近零碳排放示范区为契机，加强国际合作，在建筑、交通、能源、工业等领域，综合利用各种低碳技术方法和手段，建立碳中和、森林碳汇等机制和碳排放监测管理体系，最大限度减少温室气体排放，区域碳排放趋近于零，成为具有全国示范效应的近零碳排放示范区。

项目第一阶段，重点明确近零碳示范区定义、标准和梅山特色指标体系研究；开展近零碳智慧能源系统、智慧建筑体系、智慧交通体系、智慧产业体系构建的技术经济方案分析和评估；基于当前梅山能源消费和碳排放现状，开展近零碳排放示范区建设规划研究；挂牌成立“一带一路”国际能源金融创新中心，打造近零碳排放的“梅山模式”。

项目第二阶段，主要致力于项目的落地实施与机制创新，成立近零碳创新金融中心，支撑能效管理、能效及新能源投融资，并通过国内国际多元化平台进行项目推广。

2.3.3.3 小结

对国内近零碳排放区试点案例进行总结，可以发现：

（1）近零碳排放区目标形式及数值不尽一致，一部分为零排放，一部分没有规定明确的碳排放量，一部分则规定了碳排放强度；

（2）近零碳排放区技术体系则根据试点实际情况有所侧重，但是基本都包含能源、建筑、交通、产业、碳汇、监测系统、体制机制创新等内容。

表 2-10 国内拟建近零碳排放试点案例总结

案例名称	近零碳目标	技术领域
汕头市南澳县	到 2020 年实现二氧化碳零排放	碳币、风力发电、公共交通电动化、林业碳汇
状元谷电商产业	到 2020 年时二氧化碳排放为 1300	建筑光伏发电、碳监测系统、建

园	吨，按照 2016 年产值折合为 0.001 吨二氧化碳/万元	筑节能措施、交通电动化
长兴县画溪新能源近零碳排放园	到 2020 年，园区单位规模以上工业增加值碳排放低于 0.2 吨二氧化碳/万元，单位地区生产总值碳排放量低于 0.15 吨二氧化碳/万元	能源（分布式光伏发电系统、冷热能源站、直流充电站、储能电站）、产业、建筑、交通、生活和生态
梅山国际物流产业集聚区	区域碳排放趋近于零	能源、建筑、交通、产业、碳中和、森林碳汇、碳排放监测管理体系、近零碳创新金融中心

第三章 深圳市近零碳排放区实施对象确定

深圳市在 2012 年提出的《深圳市低碳发展中长期规划 2011-2020》：到 2020 年，万元 GDP 二氧化碳排放比 2015 年下降 10%，达到 0.81 吨，非化石能源占一次能源消费比重达到 15%以上，努力将深圳建设成为国家低碳发展先进城市。深圳市有必要且有条件，积极响应国家及广东省对建设近零碳排放示范工程的要求，明确我市近零碳排放区的重点领域以及实施边界，研究近零碳示范区建设主要影响因素以及实施示范工程的可行性和相关保障措施。

3.1 深圳市近零碳排放区定义及核算边界

通过前述国内外文献及实际案例调研，本课题认为近零碳排放区定义如下：在一定尺度的地理范围内或者明确的组织运营边界内，通过减源、增汇或者贡献零碳能源等途径，实现净碳排放总量不断减少且趋于零的目标，且其减少碳排放的模式可复制、可推广的典型区域。

对于构成要素单一、排放源类型单一的可再生能源富集区、碳汇密集区等，不宜作为近零碳排放示范区建设的遴选对象。

对碳排放核算边界主要包括三个维度：地理边界、组织运营边界、计算范围边界。其中地理边界可以按照地域尺度划分为建筑、社区/园区、镇/街道、城区、城市等，组织运营边界按照主体可以分为自然人、企业、政府及其他社会团体等，碳排放计算范围边界主要包括范围 1、范围 2、范围 3，其中范围 1 是从生产视角计算碳排放，范围 2 和范围 3 都是从消费视角计算碳排放。范围 2 主要是指城市地理边界内的活动消耗的调入电力、热力（包括热水和蒸汽）和制冷相关的间接排放，范围 3 是由城市内部活动引起，产生于辖区之外，但未被范围 2 包括的其他间接排放，包括城镇从辖区外购买的所有物品在生产、运输、使用和废弃物处理环节的温室气体排放。因此，范围 3 的碳排放数据缺乏，难以计算。

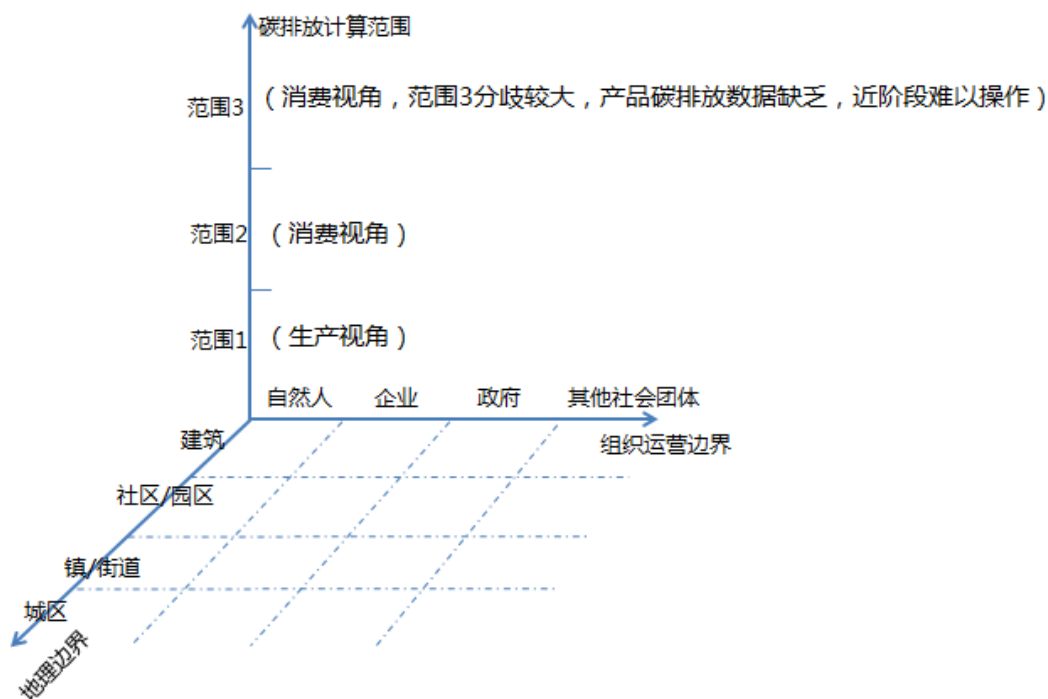


图 3-1 碳排放核算边界三个维度

通过对碳排放核算边界的剖析，本课题初步认为深圳市近零碳排放区的核算边界包括建筑、社区/园区、城区、交通、企业，其中计算边界只考虑范围 1 和范围 2。纳入交通作为参考要素，一是考虑到国内已出台政策的省市中纳入了交通，二是深圳市交通已经实现公交车百分百电动化，正在创建绿色港口和绿色机场，具有较好的低碳基础。

3.2 深圳市低碳建筑发展现状

深圳市大力推进绿色建筑区域化、规模化全面发展，在国内率先推进保障性住房、政府投资项目 100%按绿色建筑标准建设。2013 年 7 月，深圳市政府 253 号令发布的《深圳市绿色建筑促进办法》，要求所有新建民用建筑全面执行绿色建筑标准，全市绿色建筑发展正式步入法治化的快车道，实现从全面推行建筑节能到全面推行绿色建筑的跨越。

截至 2018 年 4 月，深圳累计已建成节能建筑面积超过 1.5 亿平方米，绿色建筑总面积 7320 万平方米，完成既有建筑节能改造面积逾 1650 万平方米，建有 10 个绿色生态城区和园区。累计已有 39 个项目获得国家三星级绿色建筑标识，8 个项目获全国绿色建筑创新奖，是目前国内绿色建筑建设规模、建设密度最大

和获绿色建筑评价标识项目、国内绿色建筑创新奖数量最多的城市之一，深圳市首个绿色工业建筑——坪山雷柏工业厂房获得国家二星级绿色建筑评价标识，实现深圳市工业绿色建筑项目“零的突破”，深圳机场 T3 航站楼是全国最大的绿色空港。

“十二五”期间，深圳市新建建筑节能能量累计超过 64 万吨标准煤，减排二氧化碳 189 万吨。其中，新建绿色建筑节能能量累计超过 26 万吨标准煤，减排二氧化碳 77 万吨，绿色建筑与建筑节能减排工作继续稳居全国前列。

表 3-1 深圳市建筑节能与绿色建筑“十二五”期间主要指标完成情况

类型	序号	分类		单位	十二五 目标值	十二五 结果值	完成 情况	
节能 和绿色 发展	1	建筑节能	新建建筑节能达标率		%	100	100	完成
	2		既有建筑节能改造面积		万 m ²	700	832	完成
	3		节能 监管 体系 建设	能源审计	栋	750	750	完成
	4			能耗监测	栋	500	500	完成
	5			数据中心	/	完成二期建设	完成	完成
	6	绿色建筑	绿色建筑面积		万 m ²	2000	3300	超额 完成
	7	可再生 能源建 筑应用	新建建筑安装太阳能 光热系统建筑应用面积		万 m ²	400	2142	超额 完成
	8		既有建筑安装太阳能 光热系统建筑应用面积		万 m ²	400		
	9		新增太阳能光伏系统 装机容量		MW	16	47	超额 完成

在可再生能源应用方面，深圳市作为全国首批可再生能源应用示范城市之一，已出台可再生能源示范市工作方案、资金管理、专项规划以及典型工程案例汇编等政策技术文件，全市太阳能热水建筑应用面积规模超过 2500 万平方米、太阳能光伏装机容量达 48 兆瓦，国家示范城市建设任务已基本完成。

在建筑废弃物综合利用方面，全市建成并投入使用的建筑废弃物综合利用项目 6 个，建筑废弃物年综合处理能力达 620 万吨。率先在政府工程推行“零排放”模式，南科大校区拆迁项目、北环大道改造工程等成为全国首批建筑废弃物“零

排放”示范项目。

并在技术标准体系方面不断地完善，开展绿色建筑评价、建筑节能设计、绿色建筑设计、绿色施工、再生骨料混凝土制品等重点技术规范的编制。并积极推进建筑工业化的进程，建立建筑工业化技术标准体系，编制《预制装配式钢筋混凝土结构技术规范》、《预制装配钢筋混凝土外墙技术规程》、《深圳市建筑工业化指标体系及评价标准》等系列技术标准。

由此可知深圳市在低碳绿色建筑发展领域成绩突出，发展迅速，无论是实际案例还是相关标准制定以及技术研发均比较成熟。因此，在现有的基础上进一步发展可再生能源利用、增加植物碳汇等，可实现近零碳的目标，近零碳建筑是近零碳排放区示范工程的重点领域之一。

3.3 深圳市低碳社区发展现状

目前深圳市还没有真正意义上的低碳社区，深圳市建筑科学研究院股份有限公司与美国劳伦斯—伯克利国家实验室达成合作意向，将在深圳国际低碳城共建未来低碳建筑与社区创新实验中心。该项目主要针对绿色建筑规模化推广后的低碳社区示范。

根据《低碳社区评价技术导则》（DB11/T1371—2016），低碳社区是以可持续发展为理念，通过提高能源和水资源的利用水平，对居住建筑进行节能设计或改造，完善固体废弃物处理方式、建设环境有好的公共设施、建立完善的公众参与机制和社区治理模式等活动，从而降低能源消耗和减少二氧化碳排放的社区。

根据低碳社区的定义可知，低碳社区不但包括社区建筑的绿色低碳，还包括物业管理水平的好坏以及社区公众的参与度，一个好的物业单位能通过科学管理、技术改造和行为引导，有效降低各类物业运行能耗，最大限度地节约资源和保护环境，致力构建节能低碳生活社区的物业管理活动，同时通过宣传等手段还可提高公众的节能意识。

前面提到深圳市在建筑节能及绿色建筑领域的成果显著，走在全国的前列，同时，深圳市在绿色物业管理方面也同样走在全国的前面。在 2013 年深圳市住建局就制定和发布了《深圳市绿色物业管理项目评价办法（试行）》和《深圳市绿色物业管理项目评价细则（试行）》等管理政策和技术规范为全国的创新之举。

虽然深圳市没有真正意义上的低碳社区，但是随着绿色建筑的规模化推广，在居住小区层面上还是涌现了一些绿色低碳小区，以深圳万科城四期为例。

深圳万科城四期位于深圳龙岗区坂雪岗大道东侧。小区为综合社区开发模式，集住宅、办公、商务于一体，占地近 9.6 万 m²，总建筑面积 12.6 万 m²，约 827 户，其中商业面积 3.5 万 m²，于 2005 年建成。

深圳万科城四期广泛应用了生态技术，如湿地环保、旱溪点缀，户型和园林设计有较大的改良。



图 3-2 深圳万科城四期

通过自然通风模拟、人工湿地内循环、中水利用循环、雨水收集、有机垃圾生化处理、渗水路面等六大环保节能系统，在节地与室外环境、节能与可再生能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量、运营管理六方面做足功夫，使环保节能率达 65%，被评为“国家十大重点节能工程”绿色建筑综合示范项目、深圳市循环经济示范项目及绿色建筑示范项目、“中国-荷兰可持续示范项目”，是获得三星绿色建筑标识的住宅项目，是典型的低碳生态住宅小区。

1、交通：

（1）处于深圳中轴，有清平高速、梅观高速和南坪快速三条城市快速干线通达 CBD，设有地铁 4 号线、5 号线、16 号线，其中 16 号线正在建设中；

（2）部分户型配备双车库或双车位。

2、环境：

（1）每套别墅至少有两个花园；

（2）园林景观：小区内欧式小镇风情；

（3）深圳万科城四期将建筑的屋顶设置成种植屋面并对建筑进行了垂直绿

化。

3、资源：

- (1) 中水利用达到 35%以上；
- (2) 建筑采用多种节能措施，节能 60%以上；
- (3) 万科城四期雨水利用将雨水收集、渗透及直接利用有机的结合起来；
- (4) 万科城四期有一定的可再生能源利用；
- (5) 万科城四期探索了夏热冬冷地区的超级节能的能源形式。

深圳万科城四期工程的建设始终关注客户需求、地域特点、自身的绿色工程实践经历及技术技能与国外的领先绿色理念及绿色建筑技术、相关绿色建筑评价标准的发展相结合，符合节地、节能、节水、节材和环境保护的要求。

2014 年，国家发改委研究制定《低碳社区试点建设指南》和《低碳社区试点评价指标体系》，研究低碳社区减排量核算方法学，积极推动相关法规制度建设。《指南》提出目标到“十二五”末，全国启动低碳社区试点 1000 家左右；“十三五”时期，择优建成一批“国家低碳示范社区”。

通过上述分析，深圳市具有较好的基础建设低碳社区，同时结合国家对低碳社区试点的要求，因此宜将近零碳排放社区纳入试点示范工程建设。

3.4 深圳市低碳园区发展现状

与低碳社区一样，深圳市同样没有认证过的低碳园区案例，根据 2014 年《深圳市发展改革委深圳市财委关于组织申报深圳市低碳试点示范项目的通知》中对低碳园区试点的要求：大力推进低碳生产，加快传统制造业转型升级，推动新兴低碳产业发展。积极开展低碳技术创新与应用，建立低碳技术创新研发和推广应用的公共综合服务平台和融资平台，组织开发和推广应用先进适用的低碳技术、工艺和装备。创新低碳管理，建设园区碳排放信息平台，加强企业碳排放的统计、监测、报告和核查体系建设，鼓励企业参加碳交易。加强低碳基础设施建设，加大可再生能源利用，推广集中供热和热电冷三联供设施，建立园区垃圾分类收集、运输和处置体系，完善污水管网和处理设施。低碳园区主要是对生产工业中采用低碳生产技术的创新与应用以及绿色化及信息化管理。

针对绿色化、信息化管理方面，前文已经提到，深圳市绿色物业管理已走在

前面且效果显著，针对生产过程中的低碳节能，深圳市出台了多项技术标准及要求：

2008 年，编制了《深圳市生态工业园区建设标准》，其中由经济发展、物质减量与循环、污染控制和园区管理四部分组成共 17 个指标。

2008 年，编制了《深圳市工业能耗指引》，主要目的在于：一是为全市各级政府制定节能政策、法规、措施提供量化依据；二是为市政府调整产业结构、完善产业布局提供数据支持；三是为招商引资提供参考指标；四是为现有用能单位明确节能目标、推进节能工作提供科学指引。

2015 年编制了《深圳市绿色工业建筑设计标准》，对绿色工业建筑的规划设计、建筑设计、建筑材料、建筑电气、暖通空调、给排水等设计方法进行了规定。

通过上述分析，深圳市具有较好的基础建设低碳园区，且工业园区也是节能的重点对象，因此宜将近零碳排放园区纳入试点示范工程建设。

3.5 深圳市低碳城区发展现状

深圳市作为国家低碳试点城市，积极开展低碳建设，目前有多个重点区域实施了低碳发展，如光明新区、坪山新区作为低碳生态试验区，在全市先行先试，经过几年摸索，积累起丰硕的成果，成为深圳市低碳生态发展的靓丽名片，坪地国际低碳城作为中欧可持续城镇化合作旗舰项目，自 2012 年正式启动以来，在政府的高度协调统筹机制下加速发展，探索了一条后发地区以低碳产业为特色、产城融合的发展模式。

1、光明新区

光明新区作为国家首个绿色建筑示范区和首批绿色生态城区，荣获“欧盟支持亚洲可持续发展计划—中国可持续建筑示范项目”荣誉称号，光明的低碳之路是以绿色城市作为统揽，以绿色城市的发展来引领工业化，以工业化促进城市化。

光明新区的绿色建筑进入常态化发展新阶段，新区制定发布了《深圳市光明新区国家绿色生态示范城区建设管理办法》和《深圳市光明新区国家绿色生态示范城区专项资金管理办法》，利用激励政策鼓励项目按照高等级绿色建筑实施。截止 2017 年底，光明新区已开工 75 个项目共 535.96 万平方米绿色建筑，总投资约 234.646 亿元。其中，国家一星级项目 50 个约 315.76 万平米；国家二星级

项目 22 个约 209.31 万平方米；国家三星级项目 3 个约 9.70 万平方米，二星及以上建筑面积约 219.01 万平方米，占绿色建筑总面积比例为 40.86%。

海绵城市建设，雨水综合利用示范效应凸显，先后印发了有关海绵城市建设的多项技术导则《光明新区建设项目低冲击开发雨水综合利用规划设计导则（试行）》、《光明新区建设项目低冲击开发雨水综合利用规划设计导则实施办法》等。在低冲击开发领域，光明新区先后启动 26 个低冲击开发雨水综合利用示范项目的建设，涉及建筑面积 370.57 万平方米，道路总长度 16.32 公里。已建成 36 号及 38 号市政道路共约 5km，此外光明新城公园、明湖城市公园湿地、光明新区群众体育中心、公明实验中学初中部、广深港客运专线（光明段）拆迁安置房、光明集团经济适用房光明办事处用地保障性住房、宏发上域花园、招商局光明科技园企业加速器等建筑雨水综合利用示范项目均已建成使用。

结合新区基础设施建设，全面落实低碳生态要求，提升绿色市政和绿化环境整体水平，已建成和正在建设的光明大道、光侨路等九纵八横 17 条主干道路，以及 30 多条支路，都按照绿色道路标准建设。已建成绿道 161 公里，基本实现了“把乡野引入城市，把市民送到田园”的目标。高标准规划建设城市主干道综合管沟 21 公里，其中有 8.4 公里已建成并投入使用。

并且不断完善管理激励政策与技术支撑，发布了《深圳市光明新区国家绿色生态示范城区建设管理办法》，完成了《光明新区国家绿色生态示范城区建设运营技术服务》、《光明新区门户片区绿色低碳城区建设技术集成与示范》、《落实生态文明，加强推进光明国家低碳生态示范区建设综合调研评价及重点工作研究》等一批重要研究课题，加强了技术指导。

2、坪山新区

坪山新区以坪山河流域为实施载体，以海绵城市建设行动抓手，兼顾生态保护、产业发展与基础建设同步推进的基本思路，凭借新区独具的生态资源和深厚的文化底蕴等特点，低碳生态城区建设已见成效。

区继续开展淘汰“三高一低”产业，加大对新能源产业、文化创意产业、总部经济等新兴低碳经济的扶持力度。坚持因地制宜思路，采用多种模式推进城市更新。按照低碳、环保、生态宜居的规划理念，将各片区更新改造为新型生态环保、配套完善、和谐舒适的城市生活区，大大改善新区的人居环境。

2013 年底，《坪山河流域综合治理及开发建设总体规划（2013-2020 年）》正式发布，“河流治理+土地开发+产业转型+投融资”的“四位一体”综合开发模式进入实施阶段。2013 年坪山河上洋断面平均综合污染指数同比下降 41.2%。

按照《深圳市绿色建筑促进办法》和《关于新开工房屋建筑项目全面推行绿色建筑标准的通知》的要求，新区通过前期指引、过程控制、审批把关、技术服务等多重举措，全力推进绿色建筑设计管理工作，新区目前获得 10 个项目的绿色建筑认证，建筑面积共计 150 万平方米。

3、深圳国际低碳城

2012 年国际低碳城作为中欧可持续城镇化合作旗舰项目正式启动。坪地国际低碳城以低碳、智慧为核心理念，通过气候友好城市先行区、新型低碳产业集聚区、低碳生活方式引领区、低碳国际合作示范区“四个区”的打造，最终将建设成为国家低碳发展的综合试验区。

《国际低碳城总体发展规划纲要》和 1 平方公里启动区详细规划、《国际低碳城 53 平方公里总体发展规划》、《深圳国际低碳城空间规划》、《深圳国际低碳城核心启动区详细规划》，提出以产城融合的发展路径实现地区跨越发展，为国际低碳城的高标准规划奠定研究基础。

2014 年研究建立了深圳国际低碳城指标体系，基于对深圳市龙岗区平地街道的生态本底诊断研究，对标国内外相关低碳实践案例，提出深圳国际低碳城指标体系定位准确、架构清晰、内容全面，兼具先进性、创新性和可操作性，对深圳国际低碳城的建设具有指导意义。

深圳国际低碳城启动区所在的坪地街道地区生产总值从 2013 年 65.50 亿元增加到 2016 年 126.30 亿元，年均增长 25%；工业总产值从 2013 年 182.37 亿元增加到 2016 年 277.70 亿元，年均增长 14%；2014~2016 年，单位 GDP 碳排放强度下降了 27%。

4、深圳前海深港合作区

前海作为国家战略新区，坚持生态、活力、人文、宜居、可持续的先进城市发展理念和产城融合、特色都市、绿色低碳等规划策略，致力于建设中国特色的现代化、国际化、人性化滨海新城，依托双界河、桂庙河、铲湾河、环状水廊道的打造，区外采取正本清源、雨污分流、生态补水、底泥清除及截污限排等手段；

区内新建雨污分流排水系统、开发雨水综合利用等手段，全面治理河湾水环境，并同步启动了前海湾海岸带生态整治修复工程。

积极推广绿色建筑，编制绿色建筑专项规划，逐步建立土地出让、建筑设计、绿色施工和监管等全过程的绿色管理机制。前海深港合作区正努力打造具有国际水准的“高星级绿色建筑规模化示范区”。

前海现在已经上升为国家的战略，前海的规划也比较有特点，它在全市的低碳生态指标之上又制定了一个更细的指标体系，从 6 个方面制定了 27 项指标，而且把这些指标和具体的地块开发结合起来，所以也是非常有特点的地区。

除了上述城区外深圳市还在不断打造低碳重点生态城区如深圳北站商务核心区、后海中心区等低碳生态城区，深圳市在低碳生态城区建设方面具有丰富的经验，且基础较好，因此可将近零碳排放城区纳入试点。

3.6 深圳市低碳交通发展现状

1、低碳交通发展

2016 年，深圳市机动车保有量已突破 318 万辆，小汽车碳排放量以年均 19% 的速度持续增加，占交通碳排放的 80% 以上，深圳市面临着严峻的机动车增长压力。因此，为有效控制交通碳排放量，深圳市相继开展了绿色交通发展策略、绿色交通规划设计导则等专题研究，逐步形成绿色交通发展框架体系，并指导了城市交通发展政策的制订以及综合交通系统的规划建设，围绕绿色交通内涵，深圳市建立了绿色交通发展框架体系，包括交通出行绿色化、交通模式绿色化、交通工具绿色化和交通环境绿色化。

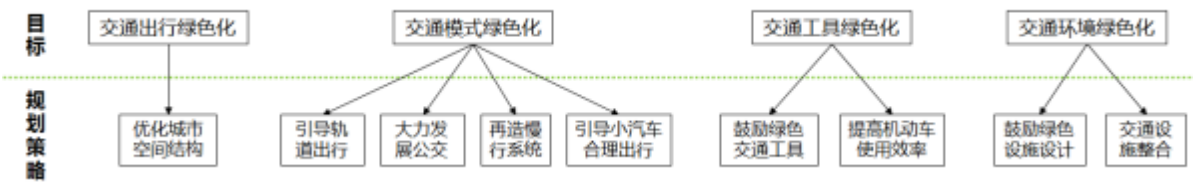


图 3-3 深圳绿色交通发展策略框架

（1）交通出行绿色化

城市交通需求本质是城市社会经济活动中人和物的空间位移，基本度量单位为人公里和吨公里。而人和物的出行量和出行次数是由社会经济发展阶段决定的。

缩短出行距离，进而降低人公里和吨公里，是交通出行绿色化的关键。根据国内外发展经验，减少出行距离主要通过建立多组团多中心城市空间结构实现。在各组团功能各有侧重、互相配合的基础上，强调除原有中心城区以外的组团中心建设，承担组团局部综合功能，提高各组团内部的居住就业平衡率，避免交通向中心城区集聚，减少长距离出行。

优化城市空间结构。推进龙岗、龙华、光明、坪山等城市副中心的规划建设，促进外围组团居住与就业平衡，避免中心城区的交通集聚，缩短交通出行距离，实现交通出行绿色化。根据深圳 06 版总体规划，深圳城市空间结构由 96 版总体规划提出的“轴带结合、梯度推进的组团集合结构”，调整为 06 版总体规划的“三轴两带多中心的轴带组团结构”，由原特区向外扩展转变为更为紧凑集约的多组团多中心结构。



图 3-4 深圳市总体规划

（2）交通模式绿色化

绿色模式的核心是构建“公交+慢行”主导的交通模式。通过城市主要交通走廊的轨道交通和大中运量等公共交通系统敷设，加强轨道交通公交接驳，完善公交最后 1km，以及同步实施小汽车出行调控实现。

交通模式绿色化主要建设内容包括引导轨道出行、大力发展公交、再造慢行系统、引导小汽车合理出行四部分内容。其中引导轨道出行主要是协调轨道交通与用地开发、整合轨道沿线的交通设施、构建轨道交通接驳体系三部分主要工作；大力发展公交主要工作有建设中运量系统，扩大城市关键走廊公交供给能力，形成“轨道交通+快速公交”复合公交走廊为骨架的新公交模式，并且扩大公交专用道覆盖范围以及完善“快—干—支”多层次公交网络。完善公交停靠站和公交场站等配套设施，以及公交票价和公交财税补贴机制；再造慢行系统主要内容是建设立体步行连廊，完善步行和自行车网络以及发展公共租赁自行车；引导小汽车合

理出行主要工作内容包括制定交通需求管理综合措施,近期以停车政策为抓手引导小汽车合理使用,并鼓励小汽车拥有者自愿停驶,建立健全“绿色出行”跟踪检查和后续评估机制等内容。

(3) 交通工具绿色化

对于必要的机动化出行鼓励采用绿色交通工具,如鼓励采用新能源汽车等,并加强污染超标车辆的管理。同时应提高机动车使用效率,保证交通运行顺畅,尽量减少空载行驶和怠速行驶等高污染机动化出行。

推广绿色交通工具应用。截至 2017 年底,深圳市已累计推广纯电动公交车 1.6 万辆,到 2017 年 9 月底,深圳公交特许经营企业公交车纯电动化率达到 100%,预计全市公交车辆年度 CO₂ 减排量可达 63.62 万吨。已累计推广新能源汽车超过 12 万辆,其中纯电动公交车 1.6 万辆、纯电动出租车 1.3 万辆、纯电动通勤车 2400 多辆、纯电动物流车 3.1 万辆、新能源租赁汽车 9200 多辆、新能源私家车 4.9 万辆、其他新能源汽车 1300 多辆。

提高既有机动车使用效率。鼓励多人乘坐的车辆利用公交专用道出行,提高机动车使用效率。

(4) 交通环境绿色化

交通环境主要包括交通设施集约化以及交通设施整合两个方面。交通设施集约化需要从人的需求角度出发,在便捷性的基础上考虑交通设施与环境的融合,并为不同需求的居民带来平等的出行体验。如轨道公交场站立体发展、提供遮阴避雨设施、推广无障碍设计等;整合交通设施主要依托智能化交通信息平台建设,通过智能交通合理配置交通资源,为市民提供便捷的出行选择。

鼓励绿色设施设计。推进交通设施的集约化利用,加强交通设施与城市的景观融合。同时保障综合交通运营,广泛应用交通科技,提高交通规划决策与运行管理水平,创新交通改善工作机制,挖掘交通设施潜力,提高交通运行效率。

2、绿色交通设施

目前深圳市绿色低碳的交通设施并不多见,比较著名的是深圳机场 T3 航站楼。

深圳机场 T3 航站楼成为全国最大的绿色空港,T3 航站楼建筑总面积达 45.1 万平方米,分为航站楼主楼、十字指廊候机厅、远期卫星指廊 3 个部分。在 2010

年主体工程动工后，深圳机场扩建工程指挥部一直将建设一座绿色航站楼作为重要目标，督促施工单位项目部成立了建筑节能施工管理小组，对施工的材料、施工工艺过程及完成情况进行全程监控管理，并严格按照相关节能规范和标准组织施工。

T3 航站楼在外形设计、建筑材料的选择、内部设计以及整个施工过程中，都贯穿了“绿色建筑”的理念，坚持可持续性和低能耗的设计、施工理念，在建筑的整个生命周期中高效地利用资源，最大限度地减少了对周围环境的影响，成为“绿色建筑”的典范。统计显示，深圳机场现有航站区的综合能耗由 2011 年的 1.25 吨标准煤/万人次，降低为 2012 年的 1.22 吨标准煤/万人次，降幅为 2.69%；货站区综合能耗由 2011 年的 6.82 吨标准煤/万吨，降低为 2012 年的 6.17 吨标准煤/万吨，降幅为 9.46%。

2016 年 5 月，深圳市人民政府发布了《深圳市绿色低碳港口建设五年行动方案（2016—2020 年）》，具体目标为：到 2020 年底，港口生产作业单位集装箱吞吐量综合能耗较 2015 年下降 5%，港口生产作业单位集装箱吞吐量碳排放较 2015 年下降 4%，船舶靠泊期间硫氧化物、氮氧化物、颗粒物与 2015 年相比分别下降 75%、20%、40%。在该行动方案中，明确了多项绿色低碳的要求，包括制定港口节能减排环保技术标准、推进港区内非道路运动机械节能减排技术改造以及节能照明技术应用等，可以预见未来深圳市港口会越来越低碳环保。

通过上述调研可知，深圳市在低碳交通领域发展迅速，且深圳市的公共交通电动化发展在全国领先，因此交通可作为近零碳排放交通试点对象。但由于交通本身的特殊性，使得交通碳排放统计存在一定困难，因此针对交通碳排放试点主要以交通管理或交通行业企事业单位为主，近零碳排放交通试点则主要包括公共交通工具及交通设施两大类，通过对某一类公共交通工具或者交通设施用能情况的统计，即可得到碳排放数据。

3.7 深圳市低碳企业发展现状

根据调研，目前关于低碳企业，在国家、行业内没有相关的国家标准及行业标准。深圳市针对企业的低碳标准正在编制中，为《低碳工业企业评价指南》，该指南编制说明中提出的低碳工业企业评价指标体系图如下图所示。

北京市 2016 年发布标准《低碳企业评价技术导则》DB 11/T 1370-2016。在该标准中对低碳企业的定义是：通过实施管理和降低温室气体排放措施，经评价碳排放强度或变化情况负荷相关要求的企业，同时对企业的碳排放强度定义为企业单位产品产量（产值）或服务量的碳排放量，并在进行低碳企业认证时，要求企业的碳排放强度在评价报告期内与最新有效的行业先进值进行对比或者按照企业评价报告期内平均碳排放强度降低率进行，由此可以看在，在定量化确定企业的碳排放强度时，同行业的碳排放强度的先进值或者平均值很难确定，这也对计算企业实际碳排放强度造成一定困难。



图 3-5 低碳工业企业评价指标体系图

深圳市在《深圳市发展改革委深圳市财委关于组织申报深圳市低碳试点示范项目的通知》中，对低碳企业的要求是：瞄准全球新一代低碳技术发展方向，加

大能源、工业、交通、建筑等重点领域的低碳技术研发力度，开展零碳、减碳、储碳等方面关键共性技术攻关，推动科技成果转移转化和产业化，实施重大应用示范工程。应用先进的低碳技术、工艺、设备对厂房、生产线和配套设施进行低碳化、智能化改造，有效降低企业单位增加值碳排放。探索开展碳足迹、低碳产品认证等试点示范工作。开展企业碳清单编制工作，积极参加碳排放权交易。开展碳排放核算、碳金融、低碳管理等低碳咨询服务。

企业是社会中不可或缺的主体，是经济活动和能源活动的主要载体，深圳市目前已将 635 家企业纳入深圳市碳排放交易系统，数据基础扎实，企业对碳排放事宜接受度高。2015 年管控单位的碳排绝对量较 2010 年下降了 531 万吨，碳强度下降率高达 41.8%，远超“十二五”期间国家下达深圳的 21% 的下降目标。同期，635 家管控单位 2013 年工业增加值比 2010 年增加了 1051 亿元，上升幅度为 42.6%，2015 年比 2010 年增加了 1484 亿元，增幅达 54.7%。

深圳市应鼓励企业参与到应对气候变化和节能减排的工作中来，因此应将企业近零碳排放试点工作纳入进来，结合深圳市的企业结构，可分为两大类：生产企事业单位以及服务业企事业单位。

3.8 深圳市近零碳排放区实施对象

3.8.1 六个领域实施可行性评价

由于各个实施对象的实施难易程度、投资额等均不同，为了保证近零碳排放区示范工程建设工作可顺利推进，需进一步对各个实施对象进行深入分析，主要在其发展现状的基础上对其低碳基础、实施主体、碳排放计算边界以及可实施性上进行调研，综合评价各个实施对象。深圳市近零碳排放区实施对象选取时应符合以下原则：①较好的低碳基础；②实施主体明确；③实施对象边界清晰；④具有较好的可实施性。

通过分析可知：

（1）建筑领域：实施主体明确，碳排放边界清晰，绿色低碳技术成熟，且投资额相对较低，因此在示范工程申报初期宜优先实施；

（2）园区与社区领域：低碳发展基础较好、可实施性较高，但是由于核算

边界不易界定，如园区内多家工业企业时，或者部分生产配套建筑外包时，碳排放如何界定，需要进一步的分析来确定，但是一般都以区域红线为边界，因此在示范工程申报初期也宜优先实施；

（3）城区领域：由于尺度较大，建设内容较多，碳排放核算困难，同时投资额较多，实施起来具有一定难度，因此不建议优先实施；

（4）交通领域：碳排放涉及的内容较多，核算困难，多以选择示范的领域很重要，因此也不建议优先实施；

（5）企业领域：如单纯的以企业所管辖的建筑或园区进行申报，则与建筑或园区领域相同，示范意义较低。因此，在实施近零碳排放企业示范工程申报建设时，还应结合企业的生产运营特点，如考虑到企业员工的碳排放，考虑企业产品、原材料生产运输产生的碳排放等，深圳市已有 635 家工业企业纳入碳排放交易系统，因此该领域同样可以优先实施。

综上，近零碳排放区示范工程在实施过程中时，应优先在建筑领域进行实施，同时对于大尺度的城区、社区以及园区，应选择低碳基础较好的、具有代表性的区域定向实施，如大鹏新区、深圳湾科技生态园等，本身就是具有大规模高星级绿色建筑或者碳源较低的对象，后续可通过较少的投资即可达到较理想的成果；对于企业，则应在已经纳入深圳市碳排放交易系统的 635 家中或者具有较强社会责任意识的企业中选择开展试点工作；对于近零碳排放交通，则应鼓励交通企事业单位积极参与试点工作。

表 3-2 所示为各个实施对象深入分析的内容。

表 3-2 近零碳排放区示范对象实施难易度分析

	城区	园区/社区	建筑	交通	企业
低碳基础	相关研究、案例、标准较多，如：光明新区、坪山新区、前海深港合作区等，均制定了符合自身的发展的低碳指标体系等。	深圳市绿色物业发展较快，国家大力发展，标准《低碳社区试点建设指南》、《低碳社区试点评价指标体系》、《深圳市生态工业园区建设标准》和《深圳市工业能耗指引》以及建设案例深圳湾科技生态园。	深圳市新建建筑全面执行绿色建筑标准，截至 2018 年 4 月，深圳累计已建成节能建筑面积超过 1.5 亿平方米，绿色建筑总面积 7320 万平方米，完成既有建筑节能改造面积逾 1650 万平方米，建有 10 个绿色生态城区和园区，太阳能光伏装机容量达 48 兆瓦。技术标准体系方面不断地完善，如《深圳市能耗限额标准》、《深圳经济特区建筑节能条例》等，典型绿色建筑较多如建科大楼，万科总部，南海意库等。	绿色交通规划全面，包括交通出行绿色化、交通模式绿色化、交通工具绿色化、交通环境绿色化、交通设施绿色化，并建成宝安机场 T3 绿色空港，出台了《深圳市绿色低碳港口建设五年行动方案（2016—2020 年）》。	深圳市有绿色低碳科技促进会以及低碳企业行业协会等，目前越来越多的企业加入到其中，但是相关低碳企业评价标准较少。
主体明确	区政府为主体，主体明确。	一般以园区/社区业主、管委会为主体，主体明确；但园区内可能有多业主的情况，此时申报主体不明确。	建筑业主为主体，主体明确。	应选择主体明确以及边界清晰的领域进行示范，如鼓励交通企事业单位作为主体开展交通工具运营以及交通设施运营方面的近	企业法人为主体，主体明确。

	城区	园区/社区	建筑	交通	企业
边界清晰	以行政区划为核算边界，边界清晰。	以区域红线为核算边界，边界清晰。	以建筑红线为核算边界，边界清晰。	零碳排放试点。	企业用地红线为边界，边界清晰。
可实施性	实施范围大，影响因素多，可实施性中等。	实施范围小，影响因素少，可实施性高。	实施范围小，影响因素少，技术成熟，可实施性非常高。	碳排放核算困难，具有一定条件，应加快探索实践。	实施范围小，影响因素多，可实施性中等。

3.8.2 深圳市近零碳排放区实施对象确定

对于近零碳排放区示范工程的挑选及实施，经与国内行业内顶尖专家交流沟通，一致认为更加希望近零碳排放区能够在较大地域尺度上进行综合集成的示范。因此，本研究认为以社区、园区、城区为主要实施对象，将建筑、企业、交通作为区域中的主要要素，突出深圳特色，强调统筹协调。

第四章 近零碳排放区内涵及建设目标

经第三章分析，深圳市近零碳排放区实施对象以社区、园区、城区为主要实施对象，将建筑、企业、交通作为区域中的主要要素。本章节对建筑、企业、交通、社区、园区、城区均进行了分析。

4.1 近零碳排放建筑内涵及建设目标

4.1.1 近零碳排放建筑内涵

人类为了抵御恶劣的气候创造了建筑，建筑的作用是为人类提供适宜的居住条件。民用建筑是供人们居住和进行公共活动的建筑总称。主要分为公共建筑和居住建筑。公共建筑主要包括：办公建筑（党政机关办公建筑、商业办公建筑）、商场建筑（购物中心、超市、百货店等）、宾馆酒店建筑、文化教育建筑、医疗卫生建筑、通信建筑、综合建筑以及其他建筑等；居住建筑主要包括住宅、公寓、宿舍等。

由于现代的建筑单纯依靠围护结构保温隔热和自然通风采光，往往不足以提供适宜的居住条件，因而需要采取主动措施——采暖空调通风系统、照明系统、热水系统等用能系统等来提供适宜的公共活动及居住条件，这些系统的运行直接导致了能耗的产生。此外，办公及家用电器设备、自来水系统和消防系统的使用也消耗能源。

民用建筑能耗主要是指建筑在使用过程中对能源的消耗，主要包括采暖、空调、照明、电器设备、电梯、热水供应和炊事等方面的能耗；其中以采暖和空调能耗为主。用能系统的设置与建筑使用功能有关，也与建筑所处气候有关。深圳处于夏热冬暖地区，公共建筑能耗主要包括：空调系统能耗、照明系统能耗、电器设备系统能耗以及热水系统能耗（主要在宾馆酒店建筑、医院建筑内设置）等；居住建筑能耗主要包括：空调能耗、照明能耗、电气设备能耗及热水炊事能耗等。

建筑碳排放是指建筑为满足人们居住和公共活动提供适宜舒适环境下而产

生的能源消耗所导致的二氧化碳排放。因此，近零碳排放建筑的内涵为：在满足建筑正常使用、生活需求前提下，综合利用各种低碳技术、方法和手段，同时结合可再生能源的应用，减少化石能源使用，降低碳排放量，实现建筑近零碳排放的建筑。

4.1.2 近零碳排放建筑碳排放计算边界

建筑碳排放可分为四个阶段：设计阶段、建造阶段、运行阶段和拆除阶段。以建科大楼为例，建筑建造阶段包括建材生产阶段、建材运输阶段和建筑施工阶段，建造阶段碳排放量占建筑全生命周期碳排放总量的16.03%，拆除阶段所占的比例为3.09%，而建筑运行阶段所占比例则为80.88%，故综合来说，建筑运行阶段是建筑全生命周期的碳排放的主要阶段。本课题建议近零碳排放建筑更多考虑建筑运行阶段碳排放。

近零碳排放建筑二氧化碳排放计算时，应确定建筑物温室气体排放的物理边界、运行边界，具体可参照《建筑物温室气体排放的核查规范及指南》（试行）、《建筑物温室气体排放的量化和报告规范及指南》（试行）。

1、物理边界

建筑物二氧化碳排放的物理边界是指建筑物用地红线范围内的区域。

2、运行边界

建筑物运行过程的二氧化碳排放包括直接和间接温室气体排放，具体指：

直接碳排放：建筑物拥有的设备设施（如各种锅炉、发电机、直燃式吸收式制冷机等）消耗燃料所产生的直接温室气体排放。燃料种类主要包括煤、气（天然气、液化石油气）、油（汽油、煤油、柴油）等；

间接碳排放：建筑物运行过程消耗的外部电力和热（冷）量等的生产而引起的温室气体排放。

由于建筑物的绿化产生的减碳量受建筑气候、生长环境、绿植种类、维护情况等因素影响，较难准确计算，且其碳汇效应较弱，因此建筑物绿化产生的碳汇效应不在计算范围内。

3、建筑碳排放计算

采用排放因子法计算温室气体排放量，按公式 4.1-1 进行计算：

$$C = \sum_{i=1}^n (D_i \times F_i) \quad (4.1-1)$$

式中：

C ——建筑物的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

D_i ——第 i 类排放源的活动数据，即第 i 类能源消耗实物量，单位为国际单位；（电力应扣除建筑自身产生的可再生能源电量）

F_i ——第 i 类能源的二氧化碳排放因子，排放因子的确定参考表 4-1。

表 4-1 常见各种能源排放因子

范围		种类		排放因子	
				数值	单位
范围 1： 直接温室气体排放	燃烧 排放	煤	无烟煤	1.97	tCO ₂ /t 燃料
			烟煤	1.86	tCO ₂ /t 燃料
			褐煤	2.06	tCO ₂ /t 燃料
			洗精煤	2.45	tCO ₂ /t 燃料
			洗中煤	0.78	tCO ₂ /t 燃料
			煤泥	1.17	tCO ₂ /t 燃料
		天然气		0.0022	tCO ₂ /m ³ 燃料
		液化石油气		3.1	tCO ₂ /t 燃料
		汽油		2.92	tCO ₂ /t 燃料
		柴油		3.1	tCO ₂ /t 燃料
		一般煤油		3.03	tCO ₂ /t 燃料
		其他	焦炭	2.85	tCO ₂ /t 燃料
			原油	3.02	tCO ₂ /t 燃料
			燃料油	3.17	tCO ₂ /t 燃料
			液化天然气	2.9	tCO ₂ /t 燃料
范围 2： 间接温室气体排放	外购 能源	电 ¹		0.5654×10 ⁻³	tCO ₂ /kWh
		冷量		0.094×10 ⁻³	tCO ₂ /MJ
		热量		——	tCO ₂ /MJ

由于建筑能耗主要以电力消耗为主，本文首先对建筑能源消耗统一换算为电，

¹ 电力碳排放因子 0.5654 kgCO₂/kWh 来源于世界银行项目《深圳市碳减排潜力研究》强化发展情景下 2020 年数据，本课题研究过程中所计算的碳排放均采用该数据。

之后根据电的碳排放因子换算得到建筑碳排放量。

4.1.3 近零碳排放建筑建设目标

《深圳市公共建筑能耗标准》（SJG34-2017）对各类型公共建筑能耗指标进行规定，《标准》中对A类建筑和B类建筑的能耗指标进行了约束值（I值与II值）和引导值的规定。

其中，A类公共建筑是指：可通过开启外窗方式利用自然通风达到室内温度舒适要求，从而减少空调系统运行时间，减少能源消耗的公共建筑；B类公共建筑是指：因建筑功能、规模等限制或受建筑物所在周边环境的制约，不能通过开启外窗方式利用自然通风，而需常年依靠机械通风和空调系统维持室内温度舒适要求的公共建筑。

另外，考虑到深圳市建筑年代不一，因此规定了约束值I值和约束值II值。约束值I值是指符合国家标准《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2005）节能设计要求的公共建筑运行时所允许消耗的建筑能耗指标上限值；约束II值是指符合国家标准《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015）节能设计要求的公共建筑运行时所允许消耗的建筑能耗指标上限值；能耗指标引导值是指在实现建筑使用功能的前提下，综合高效利用各种建筑节能技术和管理措施，实现更高建筑节能效果的建筑能耗指标期望目标值。

由于《深圳市公共建筑能耗标准》（SJG34-2017）中只有办公建筑、宾馆酒店建筑、商场建筑，因此医院建筑、大型场馆和居住建筑数据来源于《广东省建筑、电力、钢铁、石化、水泥行业固定资产投资项目能评对标准入值》（试行），如下表所示：

表4-2 建筑能耗指标的约束值和引导值

建筑类别		约束值 kWh/(m ² ·a)		引导值 kWh/(m ² ·a)
		I	II	
办公建筑 A类	党政机关办公建筑	75	65	50
	商业办公建筑	95	80	65
办公建筑	党政机关办公建筑	90	75	60

B 类	商业办公建筑	110	95	75
酒店建筑 A 类	三星级及以下	120	100	80
	四星级	145	120	100
	五星级	155	130	110
酒店建筑 B 类	三星级及以下	170	140	105
	四星级	220	180	135
	五星级	245	210	150
商场建筑 A 类	一般百货店	140	120	100
	一般购物中心	140	120	100
	一般超市	165	135	105
	餐饮店	95	85	65
	一般商铺	95	85	65
商场建筑 B 类	大型百货店	270	230	190
	大型购物中心	350	300	245
	大型超市	330	280	230
医院建筑	三级医院	120		90
	其他医院	90		75
大型场馆		190		150
居住建筑		45		35

对比本文中各层级情景设置的各种类型建筑能耗可以看出：

- （1）基准情景：建筑能耗与《标准》中建筑能耗指标的约束值I值相对应；
- （2）节能情景：建筑能耗与《标准》中建筑能耗指标的约束值II值相对应；
- （3）低能耗情景：办公建筑能耗接近于《标准》中A类商业办公建筑能耗指标引导值；宾馆酒店能耗接近并小于《标准》中B类宾馆酒店建筑（五星级）能耗指标引导值；商场建筑能耗接近并小于《标准》中B类商场建筑能耗指标引导值；居住建筑能耗小于《广东省建筑、电力、钢铁、石化、水泥行业固定资产投资项能评对标准入值》（试行）中的引导值。

考虑到建筑是城市的单元细胞，相对于社区、园区、城区等区域尺度而言，边界范围小、工程量不大、增量成本较低，具备较好的可实施性。同时深圳市是我国绿色建筑先锋城市，低碳基础在全国名列前茅。因此，对于近零碳排放建筑，可以制定较为严格的目标。本课题认为低碳建筑、超低碳建筑、近零碳排放建筑目标如下（与《近零能耗建筑技术标准》（征求意见稿）进行比对，结果相近）：

- （1）低碳建筑：能耗达到引导值，可再生能源利用率为6%；
- （2）超低碳建筑：能耗达到引导值的80%，可再生能源利用率为8%；
- （3）近零碳排放建筑：能耗达到引导值的60%，可再生能源利用率为10%；

选取情景设置中的近零能耗情景建筑能耗指标作为近零碳排放建筑建设目标，其中可再生能源对于常规能源的替代率为10%。通过测算，2020年近零碳排放建筑建设的碳排放目标如下表所示。

表4-3 2020年低碳建筑、超低碳建筑、近零碳建筑建设碳排放目标

建筑类别		引导值 kWh/(m ² ·a)	低碳建筑碳排放目标 kgCO ₂ /(m ² ·a)	超低碳建筑碳排放目标 kgCO ₂ /(m ² ·a)	近零碳建筑碳排放目标 kgCO ₂ /(m ² ·a)
办公建筑 A 类	党政机关办公建筑	50	28	23	17
	商业办公建筑	65	37	29	22
办公建筑 B 类	党政机关办公建筑	60	34	27	20
	商业办公建筑	75	42	34	25
酒店建筑 A 类	三星级及以下	80	45	36	27
	四星级	100	57	45	34
	五星级	110	62	50	37
酒店建筑 B 类	三星级及以下	105	59	47	36
	四星级	135	76	61	46
	五星级	150	85	68	51
商场建筑 A 类	一般百货店	100	57	45	34
	一般购物中心	100	57	45	34

	一般超市	105	59	47	36
	餐饮店	65	37	29	22
	一般商铺	65	37	29	22
商场建筑 B 类	大型百货店	190	107	86	64
	大型购物中心	245	139	111	83
	大型超市	230	130	104	78
医院建筑	三级医院	90	51	41	31
	其他医院	75	42	34	25
大型场馆		150	80	85	51
居住建筑		35	19	20	12

注：（1）A 类公共建筑：可通过开启外窗方式利用自然通风达到室内温度舒适要求，从而减少空调系统运行时间，减少能源消耗的公共建筑；

（2）B 类公共建筑：因建筑功能、规模等限制或受建筑物所在周边环境的制约，不能通过开启外窗方式利用自然通风，而需常年依靠机械通风和空调系统维持室内温度舒适要求的公共建筑。

为防止近零碳排放建筑随着经济发展、生活水平提高，出现碳排放增长现象，故提出以下两个目标：

（1）2025 年低碳建筑、超低碳建筑、近零碳建筑建设碳排放目标在 2020 年水平基础上下降 10%²；

（2）2030 年低碳建筑、超低碳建筑、近零碳建筑建设碳排放目标在 2025 年水平基础上下降 10%。

² 以商业办公为例，2013 年发布的《深圳市公共建筑能耗限额标准（试行）》中规定商业办公能耗限额值为 120kWh/(m²·a)，2017 年发布的《深圳市公共建筑能耗标准》（SJG34-2017）中规定 B 类商业办公能耗约束值为 110 kWh/(m²·a)，则 4 年约下降 8.3%，因此本研究认为对于近零碳建筑在精细化管理的基础上可以做到 5 年下降 10% 的能耗，对于实际政策的出台还应更加科学准确地进行测算。

4.2 近零碳排放交通内涵及建设目标

4.2.1 近零碳排放交通内涵

城市交通是指城市（包括市区和郊区）道路（地面、地下、高架、水道、索道等）系统间的公众出行和客货输送。在人类把车辆作为交通工具之前，城市公众出行以步行为主，或以骑牲畜、乘轿等代步，货物转移多靠肩挑或利用简单的运送工具运输，车辆出现后，马车很快成为城市交通工具的主体，1819 年巴黎市街上首先出现了为城市公众租乘服务的公共马车，从此产生了城市公共交通，开创了城市交通的新纪元。

由于城市交通的复杂性，如以某一道路或者区域等进行交通碳排放统计是十分复杂及困难的，因此这里所指的近零碳排放交通的内涵是以交通管理部门或交通行业企事业单位为管控对象，以其所运营的交通工具（公交车、出租车等）或者交通设施（机场、港口等）为对象，在满足其正常生产及运营的前提下，利用各种低碳技术、方法，降低其总碳排放量，实现近零碳排放。

4.2.2 近零碳排放交通碳排放计算边界

根据近零碳排放交通的内涵，对实施对象分为两部分内容：公共交通工具运营碳排放和交通设施运营碳排放。

公共交通工具运营近零碳排放计算边界主要包括：碳排放源主要包括班线客运线路运营期间由于车辆燃料燃烧、尾气净化过程排放的碳排放以及用电设备外购电力和热力产生的碳排放。

交通设施运营近零碳排放计算边界主要包括：重点对机场及港口内作业过程（含各类设施设备）所消耗的燃油、燃气以及电力所产生的碳排放以及生产配套设施耗能产生的碳排放。

4.2.3 近零碳排放交通建设目标

近零碳排放交通的建设主要包括交通工具及交通设施的建设目标。

1、公共交通工具运营，主要目标包括：

(1) 结合《深圳市综合交通“十三五”规划》中规定：到 2020 年公交车和出租车实现全部纯电动化，因此要求申报单位运营的交通工具电动化比例达到 100%，即所有车辆均使用电力供电替代燃油，其碳排放计算公式为：

$$E_{CO_2} = \phi \times (E - S_E) \quad (4.2-1)$$

式中： E_{CO_2} 指二氧化碳的年排放量（吨/年）； ϕ 为城区电力 CO_2 排放系数（千克 CO_2/kWh ）； E 为交通工具总耗电量； S_E 为可再生能源发电量。其中，所有公共汽车以及出租车均采用电动车。

具体计算步骤可参考《公交、出租车企业温室气体排放量化和报告规范及指南》（SZDB/Z 141-2015）。

(2) 提高交通工具的可再生能源的应用比例，要求相关企事业单位在建设充电站时，尽量使用可再生能源（光伏）。以巴士集团为例，营运车辆 1.1 万辆（其中公交车 5900 辆，出租车 4595 辆）、营运线路 336 条、日均营运里程 140 万公里，按公交车每百公里电耗 120kWh，出租车每百公里 20kWh 计算，每年消耗电能约 4.3 亿度，按 1% 的电力由可再生能源提供，约需要 2 万平方米的光伏板面积。

2、交通设施（绿色港口）运营，主要目标包括：

(1) 使用岸电，结合《深圳市绿色低碳港口建设五年行动方案（2016—2020 年）》，要求全面推进深圳港岸电设施建设工作，进一步扩大港口提供岸电泊位范围，要求 80% 以上集装箱泊位、客滚和邮轮专业化泊位必须具备向船舶供应岸电的能力，同时靠港集装箱船/进港飞机等岸电使用比例不低于 20%。

(2) 提高港区内各类牵引车使用 LNG 动力或者电力比例，港区内禁止使用黄标车，港区内新增巡逻车和循环大巴需使用新能源，开展油改电、油改气等混合动力技术改造以及机械势能回收技术应用，要求港区内各类牵引车全部使用 LNG 动力或者电力。

(3) 非道路移动机械（除应急设备外），通过财政补贴，引导企业使用清洁能源作为动力的叉车、堆高机等机械，各类起重设备等全部从传统柴油动力改造

为使用电力、油电混合动力或机械势能回收技术混合动力。

(4) 作业区内照明系统更换照明光源，要求所有的照明光源采用 LED 节能灯；

(5) 辅助生活设施参照近零碳排放建筑建设。

交通设施运营碳排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \phi \times (E - S_E) + \sum_i G_i \times \phi_i \quad (4.2-2)$$

式中： E_{CO_2} 指二氧化碳的年排放量（吨/年）； ϕ 为城区电力 CO_2 排放系数（千克 CO_2/kWh ）； E 为港口总耗电量； S_E 为可再生能源发电量； G_i 为其他能源消耗量（各类汽油、柴油等）， ϕ_i 为其他能源所对应的碳排放因子。

3、交通设施（绿色机场）运营，主要目标包括：

(1) 全部采用双跑道独立运行，从而增加始发航班正常率，提高航空器运行效率，减少航空器占用滑行道时间，降低滑行油耗；

(2) 机场内服务用车（不包括机场内安全保障用车及社会车辆）全部使用 LNG 动力或者电力，大力开展充电桩建设，配建比例超过内部停车场车位数的 80%；

(3) 所有的照明光源采用 LED 节能灯；

(4) 可再生能源用电量比例 $\geq 10\%$ ；

(5) 辅助生活设施参照近零碳排放建筑建设。

交通设施（绿色机场）运营碳排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \phi \times (E - S_E) + \sum_i G_i \times \phi_i \quad (4.2-3)$$

式中： E_{CO_2} 指二氧化碳的年排放量（吨/年）； ϕ 为城区电力 CO_2 排放系数（千克 CO_2/kWh ）； E 为机场总耗电量； S_E 为可再生能源发电量； G_i 为其他能源消耗量（各类汽油、柴油等）， ϕ_i 为其他能源所对应的碳排放因子。

表 4-4 近零碳排放交通的建设目标

交通类型	近零碳排放目标/技术措施
------	--------------

公共交通工具运营	可再生能源替代率 $\geq 1\%$
	公共交通工具电动化比例 100%
交通设施（绿色港口）运营	使用岸电比例 $\geq 20\%$
	港区内集装箱牵引车全部使用 LNG 动力
	非道路移动机械（除应急设备外）使用电能比例达到 100%
	高效节能照明设备使用率 100%
	辅助生活设施参照近零碳排放建筑建设
交通设施（绿色机场）运营	全部采用双跑道独立运行
	服务用车全部使用 LNG 动力或者电力，充电桩配建比例超过内部停车场车位数的 80%
	所有的照明光源采用 LED 节能灯
	可再生能源用电量比例 $\geq 10\%$
	辅助生活设施参照近零碳排放建筑建设

4.3 近零碳排放企业内涵及建设目标

4.3.1 近零碳排放企业内涵

近零碳排放企业是指有较好低碳工作基础，且具有较好的社会责任感的企业，在其所在的领域，满足企业正常生产及生活需求的前提下，利用各种低碳技术、方法，降低其总碳排放量或者单位产品（单位产值）碳排放量，实现企业的近零碳排放。

结合深圳市企业分布特点，近零碳排放企业主要包括两种类型企业：生产类企事业单位；服务业企事业单位。

4.3.2 近零碳排放企业碳排放计算边界

近零碳排放企业共包括两类：生产类企事业单位和服务类企事业单位。

1、生产类企事业单位

以企业所管辖的范围为物理边界，范围内活动产生碳排放，包括生产区以及生产配套区，生产区建筑类型主要为生产厂房，主要碳排放源包括空调、照明、空气压缩机、生产工艺设备以及机动车辆（即企业拥有或控制的原料、产品、固体废弃物等运输过程产生的温室气体排放）；生产配套区建筑类型为办公楼、宿舍与食堂，主要碳排放源为空调、照明、插座设备、动力以及炊事等设备。

同时还要包括企业员工的活动所产生的碳排放。

2、服务类企事业单位

以企业管理的建筑/建筑群为物理边界，碳排放源主要包括其内部的建筑碳排放，同时还要包括企业员工的活动所产生的碳排放以及原料、产品和固体废弃物运输过程中产生的交通工具碳排放。

4.3.3 近零碳排放企业建设目标

近零碳排放企业建设目标见下表所示。

1、生产类企事业单位

生产类企事业单位的建设目标与近零碳排放园区相似，即生产区：单位产值（产品）碳排放量在当前水平下下降 40%；生产配套区：配套建筑达到近零碳排放建筑示范建设标准；此外，要求企业员工的绿色出行比例 $\geq 80\%$ ，同时建立个人碳账户。

2、服务类企事业单位

服务类企事业单位的建筑/建筑群按照近零碳排放建筑建设标准，同时要求企业员工的绿色出行比例 $\geq 80\%$ ，同时建立个人碳账户。

上述企业碳排放计算公式为：

$$E_{CO_2} = \phi \times (E - S_E) + \sum_i G_i \times \phi_i \quad (4.3-1)$$

式中： E_{CO_2} 指二氧化碳的年排放量（吨/年）； ϕ 为城区电力 CO_2 排放系数（千克 CO_2/kWh ）； E 为生产企业总耗电量； S_E 为可再生能源发电量； G_i 为其他能源消耗量（各类汽油、柴油等）； ϕ_i 为其他能源所对应的碳排放因子； P_j 为企业每个员工每年的碳排放量（千克 CO_2 /年）。

具体计算步骤可参考《组织的温室气体排放量化和报告规范及指南》（SZDB/Z 69-2012）、《组织的温室气体排放核查规范及指南》（SZDB/Z70-2012）。

表 4-5 近零碳排放企业建设目标

企业类型	近零碳排放目标/技术措施
生产类企事业单位 ³	1、生产区：单位产值（产品）碳排放量在当前水平下下降 30%； 2、生产配套区：配套建筑达到近零碳排放建筑示范建设标准； 3、单位工业增加值综合能耗 ≤ 0.09 吨标煤/万元； 4、企业员工绿色出行比例 $\geq 80\%$ ； 5、建立员工个人碳账户。
服务类企事业单位	1、建筑/建筑群按照近零碳排放建筑建设标准； 2、企业员工绿色出行比例 $\geq 80\%$ ； 3、建立员工个人碳账户。

4.4 近零碳排放社区内涵及建设目标

4.4.1 近零碳排放社区内涵

根据《民政部关于在全国推进城市社区建设的意见》中指出：社区是聚居在一定地域内的人们所组成的多种社会关系的生活共同体。

国家发改委 2014 年发布的《低碳社区试点建设指南》中指出：本指南社区是指城市居民委员会辖区或农村村民委员会辖区，包括辖区内的居民小区、社会

³生产类企事业单位 1~3 目标确定详见近零碳排放园区建设目标确定。

单位、配套设施等。该指南同时对低碳社区做了规定：“低碳社区”是指通过构建气候友好的自然环境、房屋建筑、基础设施、生活方式和管理模式，降低能源资源消耗，实现低碳排放的城乡社区。

综上，考虑到深圳市城镇化率 100%，已经不存在农村村民委员会，因此本课题认为社区指的是城市居民委员会辖区。近零碳排放社区的定义是：通过构建气候友好的自然环境、房屋建筑、基础设施、生活方式和管理模式，降低能源资源消耗，实现近零碳排放的社区。内涵则是：在满足社区居民正常生产、生活需求前提下，利用各种低碳技术、方法和手段，降低碳排放量，实现近零碳排放的社区。

4.4.2 近零碳排放社区碳排放计算边界

社区碳排放评估的评估范围主要是确定哪些行为活动会带来温室气体排放或减缓，将活动按照直接与间接的碳排放分类，定下各排放源的评估边界并确定具体评估部门和对象。

在评估范围方面，从理论上分析，与社区有关的碳排放及减除可概括分为两个范围：范围 A 为直接碳排放及减缓；范围 B 为间接碳排放。范围 A 包括固定源产生的直接碳排放、移动源产生的直接碳排放以及植被的碳移除。范围 B 包括居民能源消耗、物质消耗所产生的间接碳排放以及社区内居民消费以外的其它碳排放。

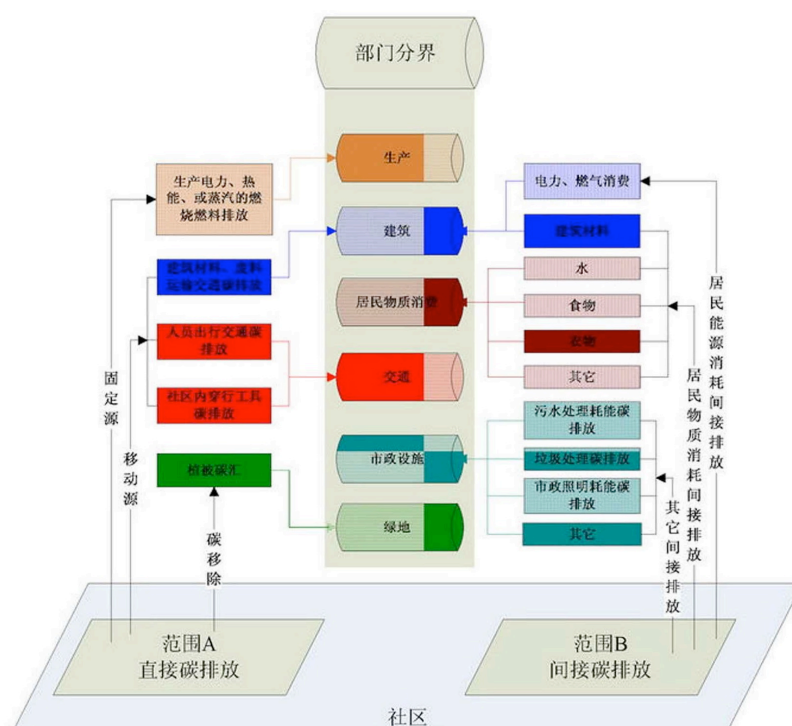


图 4-1 社区评估碳排放理论范围

考虑到深圳市社区内以固定源生产电力、热能或蒸汽的燃料燃烧活动，如发电机、锅炉等设备很少，此部分碳排放可以忽略不计。

同时，居民的食物、衣物消费数据获取复杂，存在较大的不确定性，因此此部分碳排放不计入社区碳排放。

另外，目前的研究社区碳排放指的是社区中人的全年交通碳排放，但在实际操作中，社区边界内的交通碳排放由于尺度较小难以计算，同时从社区管理者角度较难控制交通设施及交通碳排放，因此社区中交通碳排放不计入社区碳排放。

综上分析，深圳市近零碳排放社区碳排放计算边界为：

- 1、碳源：建筑碳排放、市政路灯碳排放、废水碳排放、生活垃圾碳排放；
- 2、碳汇：森林绿地等。

4.4.3 近零碳排放社区建设目标

近零碳排放社区建设目标汇总下表所示，包括社区碳排放水平、建筑、市政路灯、废水、生活垃圾、森林绿地等。

1、社区碳排放水平

人均碳排放量指每人每年因生活而消费的能源所产生的二氧化碳排放量，单位：吨二氧化碳每人每年。

参照国内现有的低碳社区标准：低碳社区试点建设指南、北京市低碳社区评价指标体系、《低碳社区评价指南》（SZDB/Z 310—2018），社区人均碳排放量均是小于等于 0.79 吨 CO₂/人，这里的社区明确了是住宅小区。

考虑到深圳社区网格化管理，社区中存在很多公共建筑，并非是单纯的住宅小区，因此要求近零碳排放社区申报条件为：2020 年社区人均碳排放量≤2 吨 CO₂/（人·年），2025 年社区人均碳排放量≤1.5 吨 CO₂/（人·年），2030 年社区人均碳排放量≤1 吨 CO₂/（人·年），其中社区人口包括居住人口与工作人口。

2、建筑

参考深圳国际低碳城规划中绿色建筑三星级、二星、一星比例：20%、30%、50%；前海片区规划中绿色建筑三星级、二星、一星比例：30%、50%、20%。

由于深圳市社区基本上都是既有社区，尺度较建筑单体大很多，实施近零碳排放社区存在客观难度，而且近零碳排放区本身处于起步阶段，应予以鼓励。因此本课题认为不应该要求社区内所有建筑都达到低碳建筑、超低碳建筑及近零碳排放建筑的水平，否则将会打击各社区创建近零碳排放区的积极性。

本课题建议按低碳建筑、超低碳建筑以及近零碳排放建筑占总建筑面积比例为 20%，三者之间的比例为 5:3:2 计算，即按照近零碳排放建筑三个情景的建筑标准来执行，要求社区内近零碳排放建筑占比不低于社区总建筑面积的 4%，超低碳建筑占比不低于社区总建筑面积的 6%，低碳建筑占比不低于社区总建筑面积的 10%。碳排放公式计算如下：

$$E_{CO_2_BUILDING} = \varphi_1 \times \sum_i B_i \times E_i + \varphi_2 \times \sum_i B_i \times E'_i + \varphi_3 \times \sum_i B_i \times E''_i \quad (4.4-1)$$

式中：

$E_{CO_2_BUILDING}$ ——建筑碳排放（吨 CO₂）；

i ——建筑类型，分别为居住建筑、办公建筑、商场建筑、宾馆建筑、医院建筑和大型场馆；

B ——建筑面积（m²）；

E ——为低碳建筑碳排放限值（吨 CO₂/m²）；

E' ——超低碳建筑的碳排放限值（吨 CO_2/m^2 ）；

E'' ——近零碳建筑的碳排放限值（吨 CO_2/m^2 ）；

φ_1 ——低碳建筑的面积比例；

φ_2 ——超低碳建筑的面积比例；

φ_3 ——近零碳建筑的面积比例，其中 $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 0.2$ 。

3、市政路灯

市政路灯要求新能源路灯比例 $\geq 50\%$ ，其余路灯则为 LED 路灯。碳排放公式计算如下：

$$E_{\text{CO}_2\text{-Light}} = M \times (1 - \alpha) \times W_1 \times H \times 365 \times E / 1000 \quad (4.4-2)$$

式中：

$E_{\text{CO}_2\text{-Light}}$ ——路灯碳排放（吨 CO_2 ）；

α ——新能源路灯比例；

M ——路灯盏数；

W_1 ——每盏 LED 灯功率，W；

H ——照明时长，h；

E ——电力系统碳排放因子， tCO_2/kWh ；

4、废水

废水主要是社区居民日常生活用水产生，根据《民用建筑节能设计标准》GB50555，要求社区人均用水量不超过标准中的低限值，即 120L/人.天。

依据中国科技部《公民节能减排手册》，1t 废水产生 0.3kgCO_2 ，因此碳排放计算公式如下：

$$E_{\text{CO}_2\text{-water}} = 0.3 \times P \times 0.12 \times 365 / 1000 = 0.01314 \times P \quad (4.4-3)$$

式中：

$E_{\text{CO}_2\text{-water}}$ ——废水碳排放（吨 CO_2 ）；

P ——社区人口数。

5、生活垃圾

由于社区内通常不会独立设置垃圾处理厂（填埋、焚烧等），因此为控制社区垃圾的碳排放，应先控制社区垃圾排放总量，参考深圳市及国内其他生态示范

区：深圳市 2015 年人均生活垃圾量 $\leq 1.38\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ，《中新天津生态城指标体系》：日人均垃圾产生量 $\leq 0.8\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ，《曹妃甸国际生态城指标体系》：日人均垃圾产生 $\leq 0.9\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 。因此，制定近零碳排放社区的人均垃圾量应小于 $0.8\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 。

根据深圳市十三五规划，到 2020 年，垃圾的焚烧处理率应达到 80%以上，因此根据固体废弃物处理的碳排放计算公式，得到近零碳排放社区生活垃圾处理的碳排放计算公式：

$$E_{CO_2\text{-waste}} = 118.66 \times P / 1000 \quad (4.4-4)$$

式中，

$E_{CO_2\text{-waste}}$ ——生活垃圾碳排放（吨 CO_2 ）；

P——社区人口数。

6、森林绿地

社区中碳汇主要要森林和草地，因此碳汇计算公式如下：

$$A_{CO_2} = 6.44 \times C1 + 3.37 \times C2 \quad (4.4-5)$$

式中：

A_{CO_2} ——碳汇量（吨 CO_2 ）；

C1——森林面积（公顷）；

C2——草地面积（公顷）。

表 4-6 近零碳排放社区目标要求

领域	碳排放限值要求/措施	计算公式	备注
社区 碳排 放水 平	2020 年：2tCO ₂ /（人.年） 2025 年：1.5tCO ₂ /（人.年） 2030 年：1tCO ₂ /（人.年）	——	人口为社区总人口，包括居住人口与工作人口。
建筑	要求社区内近零碳建筑面积占比不低于社区总建筑面积的 4%，超低碳建筑面积占比不低于社区总建筑面积的 6%，低碳建筑面积占比不低于社区总建筑面积的 10%。	$E_{CO_2_BUILDING} = \varphi_1 \times \sum_i B_i \times E_i + \varphi_2 \times \sum_i B_i \times E_i' + \varphi_3 \times \sum_i B_i \times E_i''$	$E_{CO_2_BUILDING}$ ——建筑碳排放（吨 CO ₂ ）； <i>i</i> ——建筑类型，分别为居住建筑、办公建筑、商场建筑、宾馆建筑、医院建筑和大型场馆； <i>B</i> ——建筑面积（平方米）； <i>E</i> ——为低碳建筑碳排放限值（吨 CO ₂ /m ² ）； <i>E'</i> ——超低碳建筑的碳排放限值（吨 CO ₂ /m ² ）； <i>E''</i> ——近零碳建筑的碳排放限值（吨 CO ₂ /m ² ）； φ_1 ——低碳建筑的面积比例； φ_2 ——超低碳建筑的面积比例； φ_3 ——近零碳建筑的面积比例，其中 $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 0.2$ 。
市政 路灯	要求新能源路灯比例 ≥50%，其余为 LED 路灯	$E_{CO_2_Light} = M \times (1 - \alpha) \times W_1 \times H \times 365 \times E / 1000$	$E_{CO_2_Light}$ ——路灯碳排放（tCO ₂ ）； <i>M</i> ——路灯盏数；

			α ——新能源路灯比例; W1——LED 灯功率; H——照明时长 (h); E——电力系统碳排放因子 (tCO ₂ /kWh);
废水	人均用水量不超过《民用建筑节水设计标准》GB50555 中的低限值: 120L/人	$E_{CO_2_water} = 0.3 \times P \times 0.12 \times 365 / 1000 = 0.01314 \times P$	$E_{CO_2_water}$ ——废水碳排放 (吨 CO ₂); P——社区人口数; 依据中国科技部《公民节能减排手册》, 1t 废水产生 0.3kgCO ₂
生活垃圾	人均垃圾日产量≤0.8kg; 垃圾分类回收率 100%	$E_{CO_2_waste} = 118.66 \times P / 1000$	$E_{CO_2_waste}$ ——生活垃圾碳排放 (吨 CO ₂); P——社区人口数; 固体废弃物焚烧比例为 80%, 填埋比例为 20% ①深圳市 2015 年人均生活垃圾量≤1.38kg/(人·日) ②《中新天津生态城指标体系》: 日人均垃圾产生量≤0.8kg/(人·日) ③《曹妃甸国际生态城指标体系》: 日人均垃圾产生≤0.9kg/(人·日)
碳汇	林地、草地两者占地比例之和≥40%	$A_{CO_2} = 6.44 \times C1 + 3.37 \times C2$	A _{CO2} ——碳汇量 (吨 CO ₂); C1——森林面积 (公顷); C2——绿地面积 (公顷)。

4.5 近零碳排放园区内涵及建设目标

电子信息产业用电比例最高（约占工业总用电 37%），工业产值占比高（约占 55%），是深圳市工业行业主要发展战略产业，以电子信息产业工业园区为对象，开展近零碳排放区示范建设对于全市绿色低碳工业园区建设具有重大的指导与参考意义。

因此，本课题中的“园区”是指深圳市量大面广的电子信息产业园区，绝大部分是一个业主单位。

另外，考虑到未来深圳市将出现越来越多的新兴产业园区，如绝大部分是由新型产业用地组成的产业园区，该类近零碳排放区示范建设应从能源、企业、居住建筑、路灯、废水、交通和生活垃圾等方面进行考虑。如果是开放型园区，其交通碳排放则与社区类似，难以核算，建议不纳入；如果是封闭型园区，对于园区内通勤交通可强制要求新能源车辆等。由于建设思路和社区、城区都较为相似，因此本课题对新兴产业园区不再详细展开。

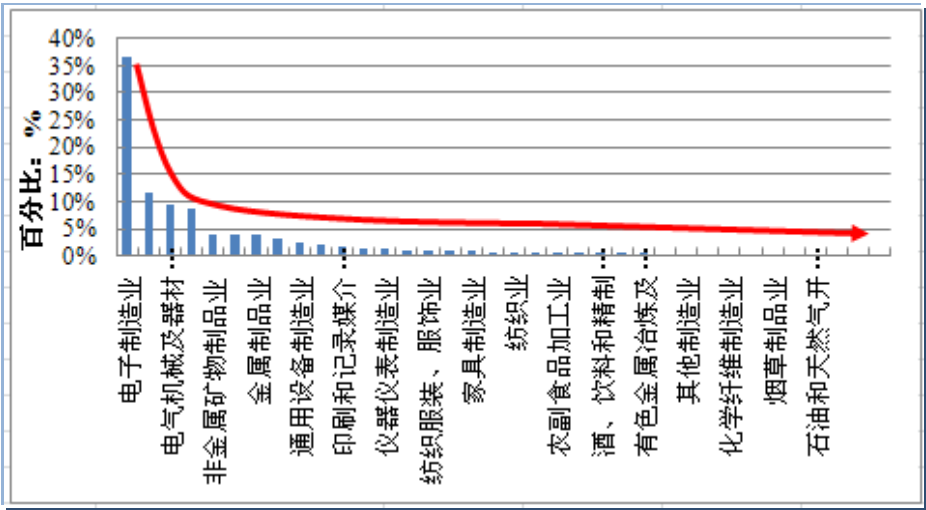


图 4-2 深圳市工业行业用电比例分布图

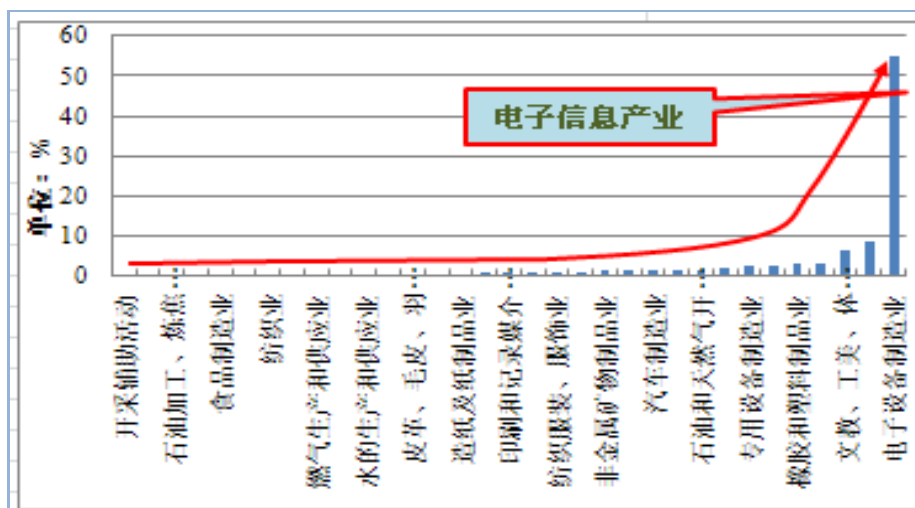


图 4-3 深圳市工业产值比例分布图

4.5.1 近零碳排放园区内涵

近零碳排放园区内涵是基于当前生产工艺水平与低碳技术发展水平，在满足工业企业正常生产、生活需求前提下，利用各种低碳技术、方法和手段，降低单位产品（单位产值）碳排放量，实现工业园区产品近零碳排放生产的目的。

4.5.2 近零碳排放园区碳排放计算边界

根据园区碳排放计算，工业园区碳排放计算边界主要分为两个方面进行，一是区域物理边界，二是碳排放源计算边界。具体碳排放计算边界划分如下：

（1）区域物理边界

区域物理边界主要是指园区碳排放计算地理边界，根据近零碳排放园区示范建设范围，以园区的占地面积的物理边界线为计算边界。

（2）碳排放源计算边界

工业园区碳排放源按类型可分为两个部分，一是生产区产生的碳排放，二是生产配套区产生对碳排放，因而，碳排放计算边界如下：

①生产区。生产区的建筑类型主要生产厂房，根据用能设备情况，碳排放源包括空调、照明、空气压缩机、生产工艺设备以及交通车辆。其中，由于深圳地区工业废水由企业专门的污水处理设施处理后达标排放，属于生产工艺范畴。此外，由于除工艺过程交通外其他交通碳排放主要产生在园区外，且排放量小，无

法进行准确统计，在此不作考虑。

②生产配套区。生产配套区建筑主要包括行政办公、宿舍与食堂等办公与生活服务性建筑，根据建筑类型，主要碳排放源包括空调、照明、插座设备、动力以及炊事等设备。

典型工业园区碳排放计算边界如下图所示。



图 4-4 深圳市典型电子工业园区示意图

4.5.3 近零碳排放园区建设目标

4.5.3.1 碳减排技术

由于近零碳排放园区分为生产区与生产配套区，根据园区类型，建设目标如下：

（1）生产配套区

生产配套区主要建筑类型为民用建筑，因此，其建设目标应符合近零碳排放建筑建设目标。

（2）生产区

由于近零碳排放园区的建设前提是满足园区正常的生产、生活需求，其建设目标应为生产区各项低碳技术产生的碳减排效果总和。建设总目标计算公式如下：

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (4.5-1)$$

C ——近零碳排放园区建设单位产品碳减排比率，%；

C_i ——第*i*项碳减排技术产生的碳减排率，%。

1) 情景模式设定

根据对深圳市典型电子信息类工业园区调研，其各分项能耗占比情况如下图所示，其中，空调冷源能耗占比范围为 22%~55.5%，照明占比为 4%~9%，空压机为 6%~18%，生产及其他附属设备占比为 35.5%~66.2%。

基于此，对电子信息类工业园区各分项能耗占比按以下情景进行估算，进而计算各低碳技术对碳减排贡献率。

表 4-7 工业园区（电子信息类）分项能耗占比

序号	分项	能耗占比（%）
1	空调系统	35%
2	照明系统	7%
3	空压机	12%
4	生产工艺及其他设备系统	46%
5	合计	100%

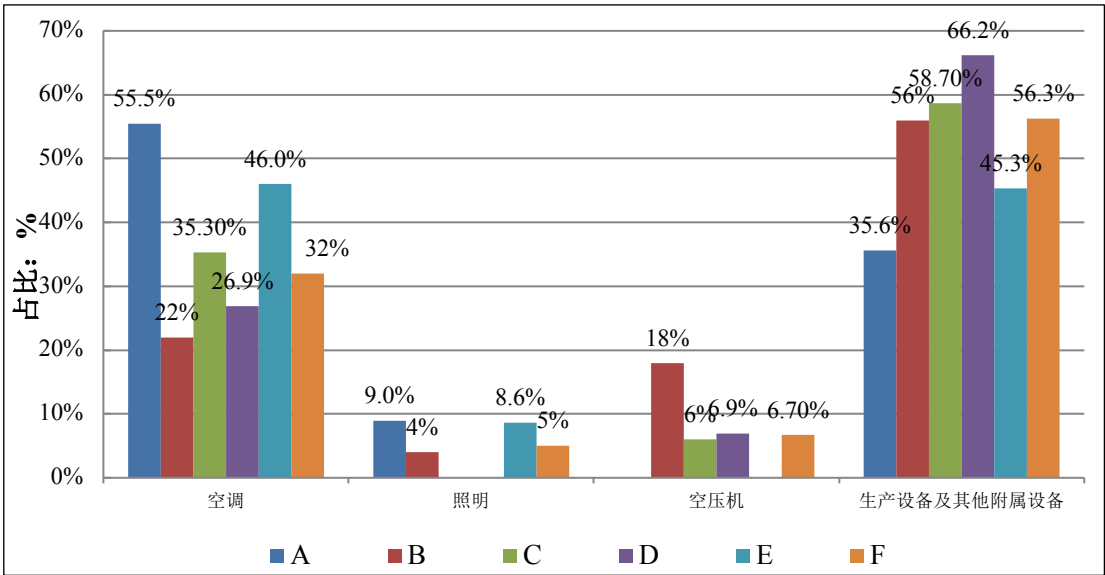


图 4-5 深圳市典型电子信息类工业园区分项能耗比例

1) 围护结构

a 自然通风与自然采光

对于工业园区厂房，由于厂房以满足生产工艺设施为主，厂房进深较大，内

部区域较大，自然采光与自然通风贡献率较小，在此不考虑自然通风与自然采光对碳减排贡献率。

b 围护结构热工性能

提高围护结构热工性能主要目的是降低空调冷负荷，减少空调系统能耗。通过采用 PKPM 软件，对典型电子信息类工业厂房进行模拟分析，结果如下：

表 4-8 围护结构热工性能提升的碳减排贡献率

围护结构部位	50%的节能设计标准限值 K W/ (m ² ·K)			近零碳排放围护结构方案 K W/ (m ² ·K)		
屋面	≤0.80			0.3		
外墙（包括非透光幕墙）	≤1.5			0.6		
底面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤1.5			0.6		
外窗（包括透光幕墙）	窗墙比 S	K	SHGC(东、南、西/北)	窗墙比 S	K	SHGC
单一立面外窗（包括透光幕墙）东南西北	0.30<S≤0.40	≤3	≤0.35/0.44	0.25	2	0.2
	0.30<S≤0.40	≤3	≤0.35/0.44	0.25	2	0.2
	0.30<S≤0.40	≤3	≤0.35/0.44	0.25	2	0.2
	0.30<S≤0.40	≤3	≤0.35/0.44	0.25	2	0.2
屋顶透光部分	—	≤3	≤0.30	—	—	—
围护结构节能率（针对暖通空调系统）	50%			58.1%		

可以看到，与 50%节能设计标准相比，通过提高围护结构热工性能，近零碳排放围护结构方案针对暖通空调系统的节能贡献率约为 8.1%，工业园区生产厂房空调系统能耗比率取 35%，则对工业园区生产区碳减排贡献率计算结果如下：

$$35\% \times 8.1\% = 2.84\%$$

其中，近零碳排放围护结构方案主要可采用以下技术措施实行：

①**屋面**：屋面可采用隔热构造，利用种植屋面、屋面遮阳等多种节能技术，可将屋面传热系数控制在 0.7W/(m²·K) 以下。

②**外墙**：外墙材料可选用铝面复合板外保温系统 LBG 保温板，传热系数可控制在 0.7W/(m²·K) 以下。

③**外窗**：地外窗采用不同类别中空 Low-E 玻璃等，传热系统最低可控制在 2.0 W/(m²·K) ，遮阳系数也可控制在 0.4 以下。

2) 通风及空调系统

根据前面分析,空调系统碳减排技术主要为机械通风、高效空调设备、空调系统排风冷量回收,对于空调系统低碳技术应用的减排贡献率如下:

①**机械通风**:深圳市3月份、11月份处于过渡季节,由于室外气温基本处于20~26℃,由于室外气温较为温和,工业园区空调系统一般处于开启状态。可以设置独立的新风机组,对于没有特殊工艺需求、不产生有害气体的厂房区域,在过渡季节加大新风送风量,利用室外新风对工业厂房内部进行除湿降温,预计可以减少空调开启时间15~30天,空调全年开启时间按9个月计算,则预计可降低空调系统能耗约为5%~10%,取下限值5%。则碳减排贡献率计算如下:

$$5\% \times (1-8.1\%) \times 35\% = 1.61\%$$

②**高效空调设备**:采用高温冷水机组、磁悬浮模块机组等高性能主机,主机COP超过6.0以上,最高超过8.0以上。根据《冷水机组能效限定值及能源效率等级》GB19577-2004,常规空调系统COP取5.1,空调冷源占空调系统能耗比例按照60%估算,则对空调系统节能贡献率可达到34.12%。按照30%保守估算,高效空调设备碳减排贡献率如下:

$$30\% \times [1-8\%-5\% \times (1-8.1\%)] \times 35\% = 9.17\%$$

③**空调冷量回收**:电子信息类工业厂房新风送风量大,且排风温度较低,对室内恒温恒湿室、排风等进行冷量回收,可以降低空调冷负荷10%以上,对空调系统节能贡献率可达到10%,对碳减排贡献率如下:

$$10\% \times [1-8\%-5\% \times (1-8.1\%) - 30\% \times [1-8\%-5\% \times (1-8.1\%)]] \times 35\% = 2.14\%$$

表 4-9 空调系统低碳技术的碳减排贡献率

技术措施	节能贡献率			技术要求
	机械通风	高效空调系统	空调系统冷量回收	
通风空调系统	1.61%	9.17%	2.14%	1) 空调冷水机组 COP 超过 8.0。 2) 空调冷量回收减少空调冷负荷 10%。

3) 照明系统

由前面分析可知,照明系统碳减排技术包括高效照明灯具和照明控制。具体技术措施如下:

①**LED 灯**:采用 LED 灯盘或 LED 筒灯等高效光源、灯具替换普通 T8 荧光

灯具，降低照明功率密度可达 70%以上。则对碳减排贡献率计算结果如下：

$$70\% \times 7\% = 4.9\%$$

②**智能控制**：地下车库行车道、停车位，公共走廊、楼梯间、厕所等场所的照明选用声光感应开关，在部分工人停留时间段的区域，采用红外感应传感器+智能照明控制方式，减少灯具的开启率，预计降低照明灯具开启率 10%~15%，取 10%测算。对碳减排贡献率计算结果如下：

$$10\% \times (1-70\%) \times 7\% = 0.21\%$$

表 4-10 照明系统低碳技术的碳减排贡献率

技术措施	节能贡献率		技术要求
	高效照明灯具	照明控制	
照明系统	5.04%	0.21%	1) 照明功率密度不超过 3W/m ² 。 2) 照明控制节能设计降低照明灯具开启率 10%。

4) 空气压缩系统

空气压缩系统的碳减排技术包括空压机变频控制、空压机群控策略以及余热回收，具体技术措施如下：

①**变频控制**：空压机安装变频器，采用变频运行控制策略，可根据末端压缩空气需求量，减少空压机运行功率，并实现空压机软启动，对空压机节能贡献率约在 20%~30%，本文取 20%测算。碳减排贡献率计算结果如下：

$$20\% \times 12\% = 2.4\%$$

②**空压机群控的智能控制策略**：空压机实现群控的智能控制策略，根据末端空气需求量，合理调节空压机运行台数，一般减少空气压缩机的运行时间大约在 10%~15%，本文取 10%。碳减排贡献率计算结果如下：

$$10\% \times (1-20\%) \times 12\% = 0.96\%$$

③**余热回收**：实施空压机余热回收技术，利用空压机回收余热作为生产线上的热源，以降低热水加热用能。根据当前技术条件，空压机余热回收率可超过 70%，综合考虑实际热回收损失，本文取 40%估算。碳减排贡献率计算结果如下：

$$40\% \times [1-20\%-10\% \times (1-20\%)] \times 12\% = 4.32\%$$

表 4-11 照明系统低碳技术的碳减排贡献率

技术措施	节能贡献率			技术要求
	空压机变频控制	空压机群控策略	余热回收	

空气压缩系统	2.40%	0.96%	4.32%	1) 空压机变频控制策略减少空压机运行功率 30%。 2) 空压机群控的智能控制策略减少空压机运行时间 10%。 3) 空压机余热回收效率达到 70%以上。
--------	-------	-------	-------	--

4.5.3.2 可再生能源利用

根据前面分析，深圳市可再生能源利用技术形式主要为太阳能光伏发电，通过深圳市典型绿色工业园区调研，其建筑覆盖率约为 30%~40%，为提高工业园区太阳能利用量，可在以下区域敷设太阳能光伏板：

- 1、在厂房屋顶安装太阳能光伏板。
- 2、采用太阳能光伏遮阳板。
- 3、厂区公共区域尽可能采用太阳能路灯。

通过采取上述措施，综合考虑厂房屋顶放置废弃物排放设备、冷却塔等相关设备占用空间，预计太阳能光伏板覆盖率 20%~40%，按 20%进行估算，同时，根据对深圳市 34 家典型工业园区调研，其万元产值土地面积为 0.25m²/万元，万元产值碳排放量 236.05kg/万元⁴，深圳市典型气象年太阳能辐射量为 5225MJ/m²。此外，目前市场上多晶硅组件太阳能光伏发电效率在 18%以上，本文取 15%计算，电力碳排放因子取 0.9489kg/kWh。则太阳能光伏发电碳减排贡献率计算结果如下：

$$5225 \times 15\% \times 0.9489 \times 0.25 \times 20\% / 3.6 / 236.05 = 4.38\%$$

4.5.3.3 碳汇技术

碳汇技术是指通过加大植被绿化进行固碳，以减少工业园区碳排放量目的。根据对深圳市国际低碳城植被绿化固碳量分析，单位面积绿地年固碳量约为 0.9432kg/m²，深圳市绿色园区绿地覆盖率为 30%左右，本文取 30%计算，万元产值土地面积为 0.25m²/万元，万元产值碳排放量 236.05kg/万元，则植被绿化碳减排贡献率如下：

$$0.9432 \times 0.25 \times 30\% / 236.05 = 0.03\%$$

⁴ 由于统计原因，万元产值碳排放量采用的电力碳排放因子为 0.9489 kg/kWh，为了计算减排比例，本文估算太阳能发电碳排放贡献率依然采用 0.9489 kg/kWh。

可见，植被绿化对工业园区碳减排贡献率较低。

4.5.3.4 其他低碳技术

其他低碳技术包括碳捕捉、利用、封存技术，碳交易，广东省碳普惠制核证减排量等，由于上述低碳技术主要是通过对 CO₂ 进行捕捉、或购买碳排放量方式，其并未实质性减少碳排放量，因而，在此不做碳减排贡献率分析。

4.5.3.5 建设目标

通过对各项低碳技术碳减排贡献率进行分析，结果如下表所示。可以看到，通过采取可行的低碳技术，工业园区单位产值(产品)碳排放量可减少约 32.10%。

表 4-12 各低碳技术碳减排贡献率

技术类别	分项	项目	对于参考边界条件各项技术节能贡献率(%)
被动式技术	围护结构	自然通风	——
		自然采光	——
		围护结构热工性能	2.84%
主动式技术	通风、空调系统	机械通风	1.61%
		空调系统能效提升	9.17%
		空调系统冷量回收	2.14%
	照明系统	照明系统	4.90%
		照明节能控制技术	0.21%
	空气压缩系统	空气压缩系统变频控制	2.40%
		空压机群控技术	0.96%
		空压机预热回收	3.46%
可再生能源利用	——	太阳能光伏发电	4.38%
碳汇	——	植被绿化	0.03%
碳捕捉、利用、封存技术	——	——	——
碳中和技术	CCER	——	——
	广东省碳普惠制核证减排量	——	——
合计			32.10%

参考《低碳园区评价指南》SZDB/Z 308-2018，对单位工业增加值综合能耗

要求为：单位工业增加值综合能耗 ≤ 0.35 吨标煤/万元，得 5 分， 0.35 吨标煤/万元 $<$ 单位工业增加值综合能耗 ≤ 0.50 吨标煤/万元，得 3 分；对碳排放强度削减率要求为：碳排放削减率 $\geq 6\%$ ，得 6 分， $4.5\% <$ 碳排放削减率 $\leq 6\%$ ，得 3 分。

同时，对深圳市典型电子工业园区进行能源审计，发现深圳市深联电路有限公司 2015 年万元工业增加值能耗为 0.1282 吨标煤/万元，已达到《低碳园区评价指南》的高标准要求。

基于此，对于近零碳排放园区目标如下：

- (1) 生产区：2020 年单位产值（产品）碳排放量相比 2015 年下降 30%；
- (2) 生产配套区：建筑达到近零碳排放建筑建设标准；
- (3) 单位工业增加值综合能耗 ≤ 0.09 吨标煤/万元。

4.6 近零碳排放城区内涵及建设目标

4.6.1 近零碳排放城区内涵

城区（又称市区）是指和周边地区相较之下，有着人口密度较高、人类活动特征较发达的区域。在行政划分上，城区可能是市、镇，或是由多个行政区域结合的集合城市（conurbations）。通常来说，村、镇等小型聚落不会被定义为市区。

深圳市目前共设有福田、罗湖、南山、盐田、宝安、龙岗、龙华、坪山和光明 8 个行政区，大鹏 1 个功能区。

所谓近零碳城区是指：在以低碳经济为发展模式 and 方向、居民以低碳生活为理念和行为特征、政府公务管理层以低碳社会为建设目标和蓝图的基础上，利用各种低碳技术、方法和手段，降低城区总体的碳排放量，实现近零碳排放的城区。

4.6.2 近零碳排放城区碳排放计算边界

根据《IPCC 国家温室气体清单指南》，结合城区的特点，城区内的碳源主要构成主要包括如图 4-6 所示的内容，在城区尺度，深圳农业活动很少，且农业碳排放的比例较小，工业生产过程等部分目前仅作方法学层面的探讨，且受到数据来源的限制，本研究暂不对农业和工业生产过程的碳排放核算。

能源结构、建筑、交通与产业等能源消费部门与城区区开发建设紧密相关，

并且可通过规划方案进行结构调整和提升。因此主要对能源结构、建筑、产业、交通以及废弃物碳排放进行评估。

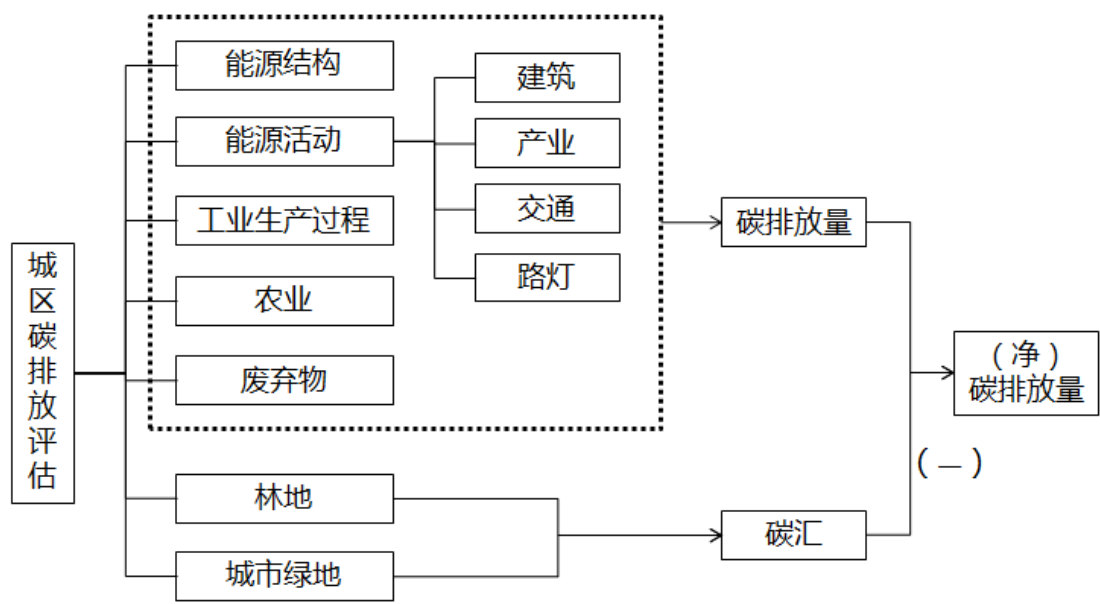


图 4-6 城区尺度碳源构成

因此，近零碳排放城区碳排放计算边界：以各级行政主管部门所管辖的范围为物理边界，碳排放源主要包括其内部的建筑、产业、交通、市政路灯等能源活动以及废弃物处理等产生的碳排放，同时考虑区域内植物碳汇的减碳作用。



图 4-7 近零碳排放城区碳排放计算边界

4.6.3 近零碳排放城区建设目标

由于近零碳排放城区所涉及的碳源较多，且对于不同的城区，其产业结构、

建筑密度、经济发展等情况均不相同，因此针对不同的碳源领域制定不同的建设目标，各项目标汇总如表 4-13 所示，包括城区碳排放水平、能源结构、建筑、产业、交通、市政路灯、废弃物处理设施、森林绿地碳汇等。

1、城区碳排放水平

综合考虑深圳市的实际情况（2015 年深圳市万元 GDP 碳排放量为 1.03 t/万元）、近零碳的意义以及项目实施的难易程度、各低碳城区碳排放相关指标，初步制定近零碳排放城区的指标要求为：2020 年万元 GDP 碳排放 ≤ 0.3 t/万元，人均碳排放量 ≤ 4 t/人；2025 年万元 GDP 碳排放 ≤ 0.25 t/万元，人均碳排放量 ≤ 3.5 t/人；2030 年万元 GDP 碳排放 ≤ 0.2 t/万元，人均碳排放量 ≤ 3 t/人。

表 4-13 碳排放相关指标对比

	万元 GDP 碳排放	人均碳排放
深圳市低碳生态城市（2020 年）	<0.6 t/万元	—
深圳国际低碳城（至 2025 年）	<0.32 t/万元	≤ 4 t/人
光明新区（至 2025）	≤ 0.56 t/万元	6.5t/人
无锡太湖新城（2020）	≤ 0.9 t/万元	—
天津中新生态城	<150 t/百万美元	—
合肥滨湖低碳生态城区（2020 年）	<0.25 t/万元	—

2、能源结构

目前深圳市主要用电来源是南方电网，建设近零碳排放城区，首先要求城区的能源结构上除了使用南方电网的电力以外，还应该自建或者购置清洁能源电力（风电、太阳能光伏发电以及核电等）。

按照清洁能源供应区域的电力比例 10%、20%进行计算，电力的 CO₂ 排放系数按式 4.4-1 计算，根据文献电力行业温室气体排放情景分析⁵，风电的碳排放因子为 $0.023 \times 10^{-3} \text{tCO}_2/\text{kWh}$ ，光电的碳排放因子为 $0.041 \times 10^{-3} \text{tCO}_2/\text{kWh}$ ，核电的碳排放因子为 $0.015 \times 10^{-3} \text{tCO}_2/\text{kWh}$ 。

$$\phi = \phi_1 \times \eta + \phi_2 \times (1 - \eta) \tag{4.6-1}$$

式中， ϕ 为城区电力 CO₂ 排放系数（tCO₂/kWh）， ϕ_1 为城区清洁能源电力 CO₂ 排放系数（tCO₂/kWh）， ϕ_2 为南方电网电力 CO₂ 排放系数（tCO₂/kWh）， η 为城区清洁能源供电量占比（%）。

⁵ 来源：张莉，王俏丽,李伟,李素静.电力行业温室气体排放情景分析[J].浙江大学学报,2015,49（12）：2244-2251.

图 4-8 所示为针对不同清洁能源比例计算的电力碳排放因子的值，结合国家《电力发展“十三五”规划》、《能源发展“十三五”规划》中对非化石能源消费占比不低于 15%的要求，建议近零碳城区内应建设或购置清洁能源发电项目，供应区域内的 20%的总耗电量，电力系统碳排放因子 $\leq 0.4605 \times 10^{-3} \text{tCO}_2/\text{kWh}$ 。

表 4-14 能源结构情景设定

	区域电力供电比例	采取措施
基准情景	0%	不在本地设立或购置清洁能源供应项目，参考深圳电力供应结构
情景一	10%	建设本地或购置清洁能源供应项目，供应 10%的区域总耗电量
情景二	20%	建设本地或购置清洁能源供应项目，供应 20%的区域总耗电量

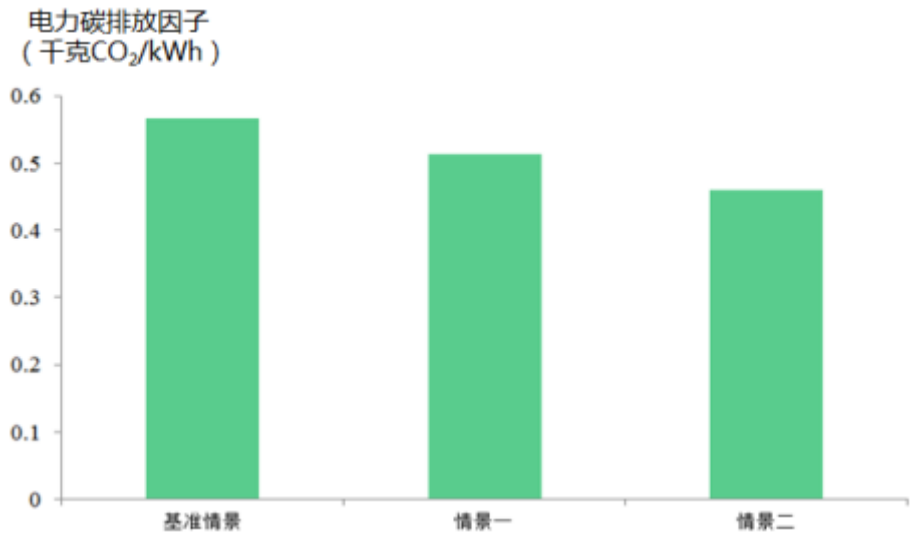


图 4-8 不同情景下电力碳排放因子

3、建筑碳排放

本课题建议按低碳建筑、超低碳建筑以及近零碳排放建筑占总建筑面积比例为 20%，三者之间的比例为 5:3:2 计算，即按照近零碳排放建筑三个情景的建筑标准来执行，要求城区内近零碳建筑面积占比不低于城区总建筑面积的 4%，超低碳建筑面积占比不低于城区总建筑面积 6%，低碳建筑面积占比不低于城区总建筑面积 10%。碳排放公式计算如下：

$$E_{CO_2_BUILDING} = \varphi_1 \times \sum_i B_i \times E_i + \varphi_2 \times \sum_i B_i \times E'_i + \varphi_3 \times \sum_i B_i \times E''_i \quad (4.6-2)$$

式中, $E_{CO_2_BUILDING}$ 建筑碳排放 (吨 CO_2); i 建筑类型, 分别为居住建筑、办公建筑、商场建筑和宾馆建筑; B 为建筑面积 (m^2); E 为低碳建筑碳排放强度 (吨 CO_2/m^2); E' 超低碳建筑的碳排放强度 (吨 CO_2/m^2); E'' 近零碳建筑的碳排放强度 (吨 CO_2/m^2); ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 为低碳建筑、超低碳建筑以及近零碳建筑的比例。

4、工业碳排放

结合近零碳排放园区的预测结果, 要求城区内工业及工业园区 20% (个数比例) 以上达到近零碳排放园区的标准, 城区内工业建筑计算公式如下:

$$E_{CO_2} = \phi \times \sum_i (E_i - S_{Ei}) + \sum_j G_j \times \phi_j \quad (4.6-3)$$

式中: E_{CO_2} 指园区能源消耗引起的二氧化碳年排放量 (吨 CO_2); ϕ 为城区电力 CO_2 排放系数 (吨 CO_2/kWh); E_i 为城区内园区总耗电量 (kWh); S_{Ei} 为园区内可再生能源发电量 (kWh), G_i 为其他能源消耗量 (各类汽油、柴油等), ϕ_i 为其他能源所对应的碳排放因子。

5、交通碳排放

根据《深圳市大气环境质量提升计划 (2017~2020 年)》、《深圳市综合交通十三五规划》, 到 2017 年底实现 100% 公交纯电动化, 2020 年底出租车纯电动化率达到 100%。

通过文献查阅可知, 小汽车、公交车以及轨道交通人均每公里碳排放值之比约为: 119.5:16.5:1; 因此忽略轨道交通对碳排放的影响。

城区级别的交通碳排放需要对区域人员出行进行大数据调研以及模拟分析, 由于目前无法确定申报的城区的规模及相应的出行信息, 因此拟采用估算的方法对近零碳排放城区的交通碳排放进行预测。

因此城区内交通碳排放计算方法为: 对区域内所有加油站、充电站进行统计 (按年), 按汽油使用量、电耗量计算交通碳排放, 计算公式如下:

$$E_{CO_2} = \frac{2.9251 \times T_1 + 3.0959 \times T_2 + 0.4605 \times T_3}{1000} \quad (4.6-4)$$

式中, E_{CO_2} 为交通碳排放 (吨 CO_2); T_1 为区域内汽油消耗量 (吨); T_2 为区域内柴油消耗量 (吨); T_3 为区域内充电站电量消耗量 (kWh)。

可以看出在交通碳排放中，燃油的碳排放系数明显高于电动车，因此在近零碳城区示范中应鼓励公共交通出行，限制小汽车出行比例，即公共交通出行占机动出行比例应 $\geq 70\%$ （《深圳市综合交通十三五规划》目标是 65%）。

6、市政路灯

市政路灯要求所有的照明光源采用 LED 节能灯，其中新能源路灯比例 $\geq 50\%$ ，路灯碳排放公式计算如下：

$$E_{CO_2-Light} = \frac{A \times L \times 1000}{D} \times (1 - \alpha) \times W_l \times H \times 365 \times E / 1000 \quad (4.6-5)$$

式中， E_{CO_2} 为路灯碳排放（吨 CO_2 ）； A 为城区面积（平方公里）； L 为路网密度（千米/平方公里）； D 为路灯间距（米）； α 为新能源路灯比例； W_l 为每盏 LED 灯功率（W）； H 为照明时长（h）； E 为电力系统碳排放因子（ tCO_2/kWh ）；365 为天数；

7、废弃物处理

城市废弃物主要包括固体废弃物以及生活废水，其中固体废弃物处理的方式包括填埋及焚烧两种，填埋所产生的温室气体排放主要为 CH_4 ，焚烧主要产生的温室气体主要为 CO_2 ；废水处理所产生的温室气体主要包括 N_2O 和 CH_4 ，其碳排放的计算公式如下：

i) 固体废弃物填埋

$$E_{CH_4} = (W \times L_0 - R) \times (1 - OX) \quad (4.6-6)$$

$$L_0 = MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16/12 \quad (4.6-7)$$

$$E_{CO_2} = 21 \times E_{CH_4} \quad (4.6-8)$$

式中： E_{CO_2} 为废弃物填埋碳排放（吨 CO_2 /年）； E_{CH_4} 指甲烷排放量（吨/年）； W 指固体废弃物填埋量（吨/年）； L_0 指各管理类型垃圾填埋场的甲烷产生潜力（吨甲烷/吨废弃物）； R 指甲烷回收量（吨/年）； OX 指氧化因子。 MCF 指各管理类型垃圾填埋场的甲烷修正因子（比例）； DOC 指可降解有机碳（千克碳/千克废弃物）； DOC_F 指可分解的 DOC 比例； F 指垃圾填埋气体中的甲烷比例；16/12指甲烷/碳分子量比率；21 为甲烷的温室气体效应是二氧化碳的 21 倍。

表 4-15 各项参数的推荐值

排放因子/相关参数	单位	推荐值
甲烷修正因子 MCF	%	100
可降解有机碳 DOC	千克碳/千克废弃物	0.15
可分解的 DOC 比例 DOC_F	%	50
甲烷在垃圾填埋气中的比例 F	%	50
甲烷回收量 R	吨	0
氧化因子 OX	%	10

ii) 固体废弃物焚烧

$$E_{CO_2} = IW \times CCW \times FCF \times EF \times 44/12 \quad (4.6-9)$$

式中： E_{CO_2} 指废弃物焚烧处理的二氧化碳排放量（吨/年）； IW 指固体废弃物的焚烧量（吨 / 年）； CCW 指固体废弃物中的碳含量比例； FCF 指固体废弃物中矿物碳在碳总量中比例； EF 指固体废弃物焚烧炉的燃烧效率；44/12 指碳转换成二氧化碳的转换系数。

表 4-16 各项参数推荐值

排放因子/相关参数	单位	推荐值
废弃物含碳量 CCW	%	20
碳物质在碳总量中的百分比 FCF	%	39
燃烧效率 EF	%	95

iii) 废水处理

废水处理碳排放包括 CH_4 和 N_2O 两方面内容：

 CH_4 排放：

$$E_{CH_4} = (TOW \times EF) - R \quad (4.6-10)$$

$$EF = B_0 \times MCF \quad (4.6-11)$$

$$E_{CO_2} = 21 \times E_{CH_4} \quad (4.6-12)$$

式中： E_{CH_4} 指清单年份的生活污水处理甲烷排放总量（千克甲烷/年）； TOW 指清单年份的生活污水中有机物总量（千克 BOD /年）； EF 指排放因子（千克甲烷/千克 BOD ）； R 指清单年份的甲烷回收量（千克甲烷/年）； B_0 指甲烷最大产生能力； MCF 指甲烷修正因子。

若无法获得生活污水中有机物总量 TOW 数据，则可根据下式进行估算：

$$TOW = P \times BOD \times 0.001 \times I \times 365 \quad (4.6-13)$$

式中： P 为清单年份的人口数； BOD 为清单年份特定地区人均 BOD （g/人/

天); I 为排到下水道的 BOD 修正因子

表 4-17 各项参数推荐值

排放因子/相关参数	单位	推荐值
甲烷修正因子 MCF	—	0.165
甲烷最大生成能力 B_0	kg CH ₄ /kg BOD	0.6
甲烷回收量	kg	0
人均 BOD	g/人/天	40
排到下水道的 BOD 修正因子	—	1

N₂O 排放:

$$E_{N_2O} = N_E \times EF_E \times 44/28 \quad (4.6-14)$$

$$N_E = P \times Pr \times F_{NPR} \times F_{NON_CON} \times F_{IND_COM} \quad (4.6-15)$$

$$E_{CO_2} = 310 \times E_{N_2O} \quad (4.6-16)$$

式中: E_{N_2O} 指清单年份氧化亚氮的年排放量 (千克氧化亚氮/年); N_E 指污水中氮含量 (千克氮/年); EF_E 指废水的氧化亚氮排放因子 (千克氧化亚氮/千克氮); 44/28 为转化系数; P 指人口数; Pr 指每年人均蛋白质消耗量 (千克/人/年); F_{NPR} 指蛋白质中的氮含量; F_{NON_CON} 指废水中的非消耗蛋白质因子; F_{IND_COM} 指工业和商业的蛋白质排放因子。

通过对比可以看出, 固体废弃物填埋所产生的温室气体的量要明显大于焚烧所产生的温室气体, 因此应该控制固体废弃物的填埋比例, 同时减少城区每日所产生的垃圾总量及消耗的自来水。

因此, 结合《民用建筑节能设计标准》GB50555 以及天津中新生态城以及无锡太湖新城的指标, 要求社区人均用水量不超过标准中的低限值, 即 120L/人和人均垃圾日产量≤0.8kg, 以及垃圾分类收集率达到 100%。同时结合《深圳市环境基础设施提升改造工作方案 (2015-2017 年)》, 要求垃圾焚烧处理率在达到 80%以上。

8、绿地碳汇

绿色碳汇的统计计算方法如图 4-9 所示, 结合深圳市的绿地类型以及分布情况, 通过统计分析, 得到城区碳汇的计算公式:

$$A_{CO_2} = 6.44 \times C_1 + 5.01 \times C_2 + 3.37 \times C_3 + 2.16 \times C_4 \quad (4.6-17)$$

式中: A_{CO_2} 为碳汇固碳量; C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 为林地面积、耕地、草地以及

湿地面积（公顷）；

结合国内其他生态城市建设指标要求，要求近零碳排放城区的绿地率 $\geq 50\%$ 。

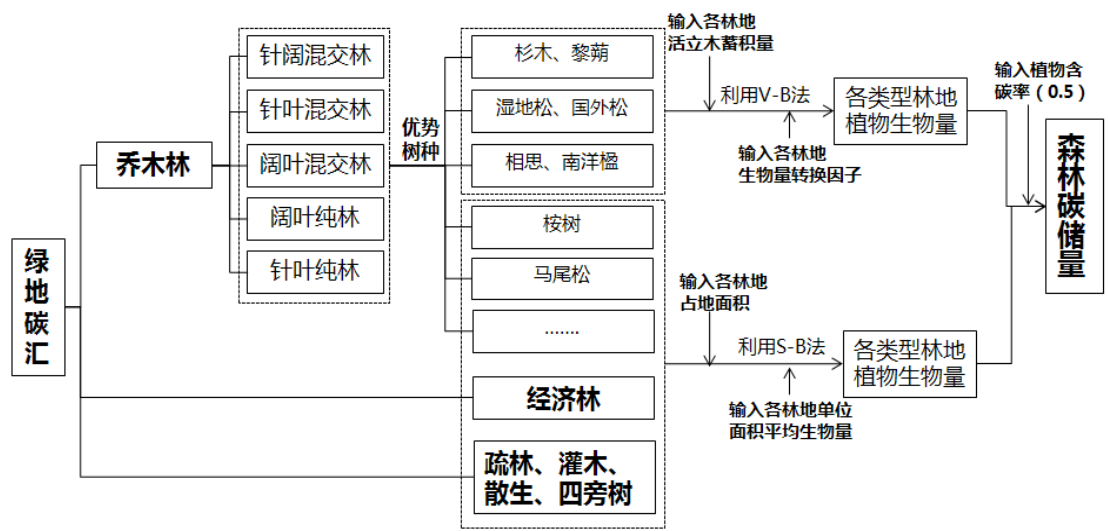


图 4-9 绿地碳汇计算路径

表 4-18 近零碳排放城区目标要求

领域	单位	碳排放限值要求/措施	计算公式	备注
碳排放水平	——	①2020 年：人均 4tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.3tCO ₂ /万元 ②2025 年：人均 3.5tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.25tCO ₂ /万元 ③2030 年：人均 3tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.2tCO ₂ /万元	——	人口为城区总人口，包括居住人口与工作人口。
能源结构	tCO ₂ /kWh	$\leq 0.4605 \times 10^{-3}$	$\phi = \phi_1 \times \eta + \phi_2 \times (1 - \eta)$	ϕ 为城区电力 CO ₂ 排放系数（tCO ₂ /kWh）， ϕ_1 为城区清洁能源电力 CO ₂ 排放系数（tCO ₂ /kWh）， ϕ_2 为南方电网电力 CO ₂ 排放系数（tCO ₂ /kWh）， η 为城区清洁能源供电量占比（%）。
建筑	吨 CO ₂	城区内近零碳建筑面积占比不低于城区总建筑面积的 4%，超低碳建筑面积占比不低于城区总建筑面积 6%，低碳建筑面积占比不低于城区总建筑面积 10%	$E_{CO_2_BUILDING} = \varphi_1 \times \sum_i B_i \times E_i + \varphi_2 \times \sum_i B_i \times E'_i + \varphi_3 \times \sum_i B_i \times E''_i$	$E_{CO_2_BUILDING}$ 建筑碳排放（tCO ₂ ）； i 建筑类型，分别为居住建筑、办公建筑、商场建筑和宾馆建筑； B 为建筑面积（m ² ）； E 为低碳建筑碳排放强度（tCO ₂ /m ² ）； E' 超低碳建筑的碳排放强度（tCO ₂ /m ² ）； E'' 近零碳建筑的碳排放强度（tCO ₂ /m ² ）； φ_1 ， φ_2 ， φ_3 为低碳建筑、超低碳建筑以及近零碳建筑的

领域	单位	碳排放限值要求/措施	计算公式	备注
碳排放水平	——	①2020 年：人均 4tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.3tCO ₂ /万元 ②2025 年：人均 3.5tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.25tCO ₂ /万元 ③2030 年：人均 3tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.2tCO ₂ /万元	——	人口为城区总人口，包括居住人口与工作人口。
				比例。
产业	吨 CO ₂	20%以上的产业及产业园区执行近零碳园区的建设目标	$E_{CO_2} = \phi \times \sum_i (E_i - S_{Ei}) + \sum_j G_j \times \phi_j$	单位产值（产品）碳排放量在当前水平下下降 40%
交通	吨 CO ₂	公共交通出行占机动出行比例应 ≥70%	$E_{CO_2} = \frac{2.9251 \times T_1 + 3.0959 \times T_2 + 0.4605 \times T_3}{1000}$	T_1 为区域内汽油消耗量（吨）； T_2 为区域内柴油消耗量（吨）； T_3 为区域内充电站电量消耗量（kWh）
市政路灯	吨 CO ₂	要求新能源路灯数量比例 ≥50%	$E_{CO_2} \leq 34.793A$ （超低碳） $E_{CO_2} = 0$ （近零碳）	A 为城区面积（km ² ）。路网密度为 6.9 千米/平方公里，路灯间距为 30 米，LED 灯功率为 100W，照明时长为 12h，电力系统排放因子为 0.4605×10^{-3} tCO ₂ /kWh。超低碳情景时，新能源路灯比例为 50%；近零碳情景时，新能源路灯比例为 100%。

领域	单位	碳排放限值要求/措施	计算公式	备注
碳排放水平	——	①2020 年：人均 4tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.3tCO ₂ /万元 ②2025 年：人均 3.5tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.25tCO ₂ /万元 ③2030 年：人均 3tCO ₂ /人、万元 GDP 碳排放 0.2tCO ₂ /万元	——	人口为城区总人口，包括居住人口与工作人口。
废弃物处理设施	吨 CO ₂	人均垃圾日产量≤0.8kg 垃圾焚烧处理率≥80%	$E_{CO_2-waste} = 118.66 \times P \times 10^{-3}$ $E_{CO_2-water} = (2.079 \times TOW + 134.467 \times P) \times 10^{-3}$	TOW 为生活污水中有机物总量（千克 BOD/年）；P 为人口数。 固体废弃物焚烧比例为 80%，填埋比例为 20%。
碳汇	吨 CO ₂	城区绿地率≥50%	$A_{CO_2} = 6.44 \times C_1 + 5.01 \times C_2 + 3.37 \times C_3$ $+ 2.16 \times C_4$	C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 为林地面积、耕地、草地以及湿地面积（公顷）

4.7 小结

针对不同近零碳排放区示范工程实施对象，采用调研分析、情景预测、模拟分析等方法确定各个对象的内涵、建设目标以及碳排放核算边界，如表 4-19 所示。

表 4-19 近零碳排放区实施对象、内涵、建设目标汇总

序号	对象	内涵	计算边界	申报主体
1	近零碳排放建筑	在满足建筑正常使用、生活需求前提下，综合利用各种低碳技术、方法和手段，同时结合可再生能源的应用，减少化石能源使用，降低碳排放量，实现建筑近零碳排放的建筑。	以建筑红线为物理边界，碳排放主要考虑建筑运行阶段碳排放，包括建筑内直接用能及电力、冷热量等输入产生的碳排放，不考虑建筑红线范围内的交通碳排放、废弃物处理碳排放以及植物碳汇	——
2	近零碳排放交通	以其所运营的交通工具（公交车、出租车等）或者交通设施（机场、港口等）为对象，在满足其正常生产及运营的前提下，利用各种低碳技术、方法，降低其总碳排放量，实现近零碳	近零碳排放交通针对两类实施对象：公共交通工具运营碳排放和交通设施运营碳排放。其碳排放计算边界如下： 1) 公共交通工具运营：碳排放源主要包括班线客运线路运营期间由于车辆燃料燃烧、尾气净化过程排放的碳排放以及用电设备外购电力和热力产生的碳排放。	——

序号	对象	内涵	计算边界	申报主体
		排放	2) 交通设施运营：重点对机场及港口内作业过程（含各类设施设备）所消耗的燃油、燃气以及电力所产生的碳排放以及生产配套设施耗能产生的碳排放。	
3	近零碳排放企业	具有较好低碳工作基础，且具有较好的社会责任感的企业，在其所在的领域内，满足企业正常生产及生活需求的前提下，利用各种低碳技术、方法，降低其碳排放量或者单位产品（单位产值）碳排放量，实现企业的近零碳排放	近零碳排放企业主要包括两种类型企业：生产类企事业单位和服务业企事业单位。 以企业生产经营为核算边界，碳排放源主要包括其企业所在区域的建筑及工艺碳排放，同时还包括企业员工由于生产经营活动需要所产生的碳排放以及原料、产品和固体废弃物运输过程中产生的交通工具碳排放。（核算方法可参考《组织的温室气体排放量化和报告规范及指南》（SZDB/Z 69-2012）、《组织的温室气体排放核查规范及指南》（SZDB/Z70-2012））	——
4	近零碳排放社区	在满足社区居民正常生产、生活需求前提下，利用各种低碳技术、方法和手段，降低碳排放量，实现近零碳排放的社区。	以社区居民委员会、开发商或者物业公司所管辖的范围为物理边界，碳排放源主要包括其内部的建筑、路灯等能源活动以及日常生活所产生的废水、生活垃圾处理等产生的碳排放，同时考虑区域内植物碳汇的减碳作用。	社区居民委员会、开发商或物业管理单位

序号	对象	内涵	计算边界	申报主体
5	近零碳排放园区	基于当前生产工艺水平与低碳技术发展水平，在保证工业企业正常生产经营活动的前提下，通过综合利用各种低碳技术、方法和手段，将园区产品生产碳排放量控制在尽可能低的水平，实现产品生产近零碳排放的工业园区。	工业园区范围内活动产生碳排放，包括生产区以及生产配套区。 ①生产区包括建筑类型为生产厂房，主要碳排放源包括空调、照明、空气压缩机、生产工艺设备以及交通车辆。（备注：工业废水由企业专门的污水处理设施处理后达标排放，纳入生产工艺范畴，这里除工艺过程交通外其他交通碳排放不考虑） ②生产配套区建筑主要包括行政办公、宿舍与食堂等办公与生活服务性建筑，根据建筑类型，主要碳排放源包括空调、照明、插座设备、动力以及炊事等设备。 ③考虑区域内植物碳汇的减碳作用。	园区管理委员会、经济开发区管理委员会、物业管理单位
6	近零碳排放城区	在以低碳经济为发展模式 and 方向、居民以低碳生活为理念和行为特征、政府公务管理层以低碳社会为建设目标和蓝图的基础上，利用各种低碳技术、方法和手段，降低城区总体的碳排放量，实现近零碳排放的城区。	以各级行政主管部门所管辖的范围为物理边界，碳排放源主要包括其内部的建筑、产业、交通、市政路灯等能源活动以及废弃物处理等产生的碳排放，同时考虑区域内植物碳汇的减碳作用。	城区行政主管部门

第五章 近零碳排放区碳减排应用技术体系

5.1 深圳市碳减排技术体系

本课题借鉴深圳市城市发展研究中心牵头、北京大学深圳研究生院和我院参与的世行项目《深圳市碳减排潜力研究》课题研究成果,该课题对深圳市电力业、制造业、交通部门和建筑部门进行研究,提出了 142 项碳减排技术措施清单。

表 5-1 碳减排技术措施清单

部门	技术措施分类	技术措施名称
电力业	燃煤电厂技术	锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统技术,天然气点火替代燃油点火,锅炉空预器技术改造,汽轮机汽封改造,火电厂凝汽器真空保持节能系统技术,汽轮机通流部分现代化改造,机组增容改铭牌,高压变频调速技术,高效电机更换,共 9 项。
	燃气电厂技术	余热锅炉尾部增加受热面,纯凝汽轮机组改造实现热电联产技术,燃机转子冷却空气废热利用,燃机进气冷却,共 4 项。
	电力结构替代	新建燃气发电,分布式光伏发电,提高现有燃气发电利用小时数,垃圾发电,妈湾电厂退役,冷热电三联产技术,共 6 项。
制造业*	控制管理技术	变频优化控制系统节能技术,全功率匹配节能数控柔性联动技术,过程能耗管控系统技术,高耗能设备定时开、关等相关措施,动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术,共 5 项。
	注塑机技术	塑料注射成型伺服驱动与控制技术,注塑机智能变频节能控制技术,注塑机定量泵系统改为变量泵系统,注塑机安装炮筒热套,注塑机余热回收改造,共 5 项。
	温控技术	制冷剂替换,合理设置空调温度,中央空调余热回收,大温差技术,中央空调主机变频技术,电子膨胀阀变频节能技术,中央空调风机、水泵、风柜加变频器,磁悬浮变频离心式中央空调机组技术,中央空调智能控制技术,双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术,中央空调全自动清洗节能系统技术,基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术,中央空调水处理防腐阻垢节能技术,电热水器改为太阳能热水系统,将燃油锅炉供热水改为太阳能热水系统,热泵技术,热泵的双级增焓提效技术,共 17 项。

	通用机械技术	变频调速节能技术，永磁涡流柔性传动节能技术，水泵风机目标电耗节能控制技术，高效节能电动机用铸铜转子技术，稀土永磁盘式无铁芯电机节能技术，同步电机微机全控励磁技术，空压机余热回收，活塞空压机改为螺杆空压机，两级喷油高效螺杆空气压缩机节能技术，共 9 项。
	燃烧加热技术	高效电磁感应加热技术，聚能燃烧技术，高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术，共 3 项。
	专用技术	低耗能洁净厂房技术，塑料动态成型加工节能技术，高效节能型锥形同向双螺杆挤出技术，铅蓄电池高效低能耗极板制造技术，高效放电回馈式电池化成技术，共 5 项。
	照明技术	高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术，基于感应耦合的无极荧光照明技术，普通日光灯改为 LED 节能灯，T5 灯改为 LED 灯，加装红外线感应开关，照明用高效智能节电控制器，使用纳米聚光板或纳米聚光板替换普通聚光板，户外 LED 照明灯，共 8 项。
	锅炉技术	锅炉“油改气”，锅炉余热回收，共 2 项。
	数控机床技术	数控机床的有源功率补偿技术，共 1 项。
	运输技术	发动机冷却系统优化节能技术，共 1 项。
交通部门	基础设施建设	快速公交发展，常规公交发展，电动车分时租赁，轨道交通发展共 4 项。
	替代燃料和新能源汽车	电动出租车替代燃油出租车，电动公交车替代燃油公交车，电动私家车替代燃油私家车（计入间接排放），混合动力公交车替代燃油公交车，混合动力货车替代燃油货车，货车油改气，共 6 项。
	汽车燃油经济性	高效燃油货车，共 1 项。
	地铁技术措施	空调通风变频、水系统变频节能改造，加装无功补偿装置，调整运行方式改善功率因数，西乡与西丽主所支援供电，地铁列车变频空调节能项目，照明系统节能升级改造，车站改装 LED 灯具，车站室照明采购 LED 灯具，取消段、场内电客车热备，自动化集成系统维护工作站改造，区间隧道照明，车站大系统，车站公共区照明，TVF 风机开启控制，车站小系统，其他地铁管理节能项目，共 15 项。
	交通政策措施	提高停车收费，道路拥堵收费，汽车尾号限行，中心城区对外干道实施 HOT 收费，鼓励“绿色出行”和自愿停驶，核心城区内推广“机动车低排放区”，建设慢行网络，引导出行方式转变，共 7 项。
建筑部门	既有公共建筑改造	空调风系统改造、空调水系统改造、空调系统智能控制改造、空调在线清洗、空调主机改造、冷却塔改造、燃气锅炉改造为空气源热泵、使用节能型电开水器、天然气炉灶、太阳能热水系统（电热水器）、太阳能热水系统（燃气热水器）、螺杆机热回收（电热水器）、螺杆机热回收（燃气热水器）、高效照明系统、电梯能源回收、电梯群控措施、自

		动感应扶梯、遮阳改造-贴膜、外窗改造、外遮阳改造、屋顶绿化、垂直绿化、使用节能型变压器，共 23 项。
	既有居住建筑改造	太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），外遮阳改造，高效空调系统，外窗改造，共 5 项。
	新建低排放建筑	更高标准的建筑节能设计（公共建筑），更高标准的建筑节能设计（居住建筑），共 2 项。
	大力推动执行能耗限额标准	节能行为科普，特定目的的节能培训，能耗监测统计数据库，示范基地建设，共 4 项。

5.2 专家意见征询处理

本课题通过对六位专家进行专家意见征询，对 150 项技术措施（包括上文中的 142 项措施以及此处的 8 项措施：垃圾分类回收、固体废弃物资源化利用、非传统水源利用、植林植草增加碳汇、购买林业碳汇、购买核证减排量、碳捕集技术、区域碳排放监测系统及个人碳账户，合计 150 项）进行适用性调研，即这些措施是否适用于近零碳排放建筑、近零碳排放社区、近零碳排放园区、近零碳排放城区、近零碳排放交通、近零碳排放企业。

对 150 项技术措施在近零碳排放建筑、近零碳排放社区、近零碳排放园区、近零碳排放城区、近零碳排放交通、近零碳排放企业进行适用性调研，共调研 6 位专家，表中数字为“0”代表“0 位专家认为该项技术适用于该领域”，“1”代表“1 位专家认为该技术适用于该领域”。

本课题认为评判标准如下：

- （1）“0”：表明该项技术不适用于该领域；
- （2）“1~2”：表明该项技术较不适用于该领域；
- （3）“3~4”：表明该项技术较适用于该领域；
- （4）“5~6”：表明该项技术适用于该领域；

通过对下列技术进行分析发现：

- （1）建筑、社区：大约 50%的技术措施较适用或适用于这两个领域；
- （2）园区、城区、企业：大约 75%~83%的技术措施较适用或适用于这三个领域；
- （3）交通：大约 40%的技术措施较适用或适用交通领域。

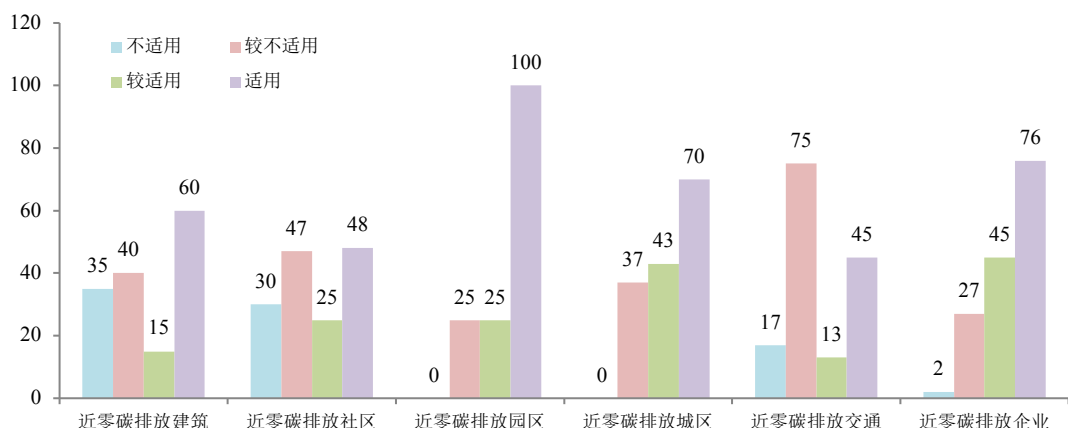


图 5-1 150 项技术措施在各领域的适用性分布情况

5.3 近零碳排放区碳减排应用技术体系

为响应国家 CCER（中国核证自愿减排量）、碳汇交易、广东省碳普惠制核证减排量等机制，将购买碳汇等作为近零碳排放区碳减排应用技术之一，但是应注意的是近零碳排放区创建是一个系统集成过程，不应该通过大量购买 CCER（中国核证自愿减排量）、碳汇交易、广东省碳普惠制核证减排量来抵消区域内产生的碳排放量从而达到近零碳目的，而应该更多地将资金投入近零碳排放区实际的工程中，累积可复制、可推广的经验。

本报告在各领域技术理论分析、150 项碳减排技术措施清单、《国家重点节能低碳技术推广目录》（2017 年本，节能部分）、《国家重点节能低碳技术推广目录》（2017 年本，低碳部分）和《北京市 2018 年节能低碳技术产品推荐目录》的基础上综合得到推荐使用的技术清单，本报告由于研究时限、深度等原因，并未就各项技术清单的时效性、先进性和适宜性进行严格论证，同时也应客观承认技术本身也存在阶段性、动态性与适宜性等问题。因此，各示范工程在实际创建过程中应根据项目实际选用科学、合理、适用的技术方案，不应盲目照抄本报告列举的技术清单。

由于 150 项碳减排技术措施清单是结合深圳市电力、制造业、交通、建筑等四大领域得出的技术体系，具有较强的适用性和针对性，因此本课题在 5.2 章节中进行了专家调研得到 6 个近零碳排放区实施对象的适用清单。虽然，经

过 6 位专家背对背调研，但依然无法避免技术在实际项目中的不适用性，仅供技术人员参考使用。

此外，本报告在此基础上从《国家重点节能低碳技术推广目录》（2017 年本，节能部分）、《国家重点节能低碳技术推广目录》（2017 年本，低碳部分）和《北京市 2018 年节能低碳技术产品推荐目录》中筛选较适合深圳市的节能低碳技术，同时不与 150 项措施清单有本质重复，清单如下，并未针近零碳排放区实施对象进行适用性调研，仅供参考：

表 5-2 国家与北京市节能低碳技术推广目录中适合深圳部分的技术清单

序号	领域	技术清单	适用范围	来源
1	电力	配电网全网无功优化及协调控制技术	电力行业县级供电企业（110kV 及以下电网无功协调控制）	《国家重点节能低碳技术推广目录》（2017 年本，节能部分）
2		新型节能导线应用技术	电力行业 110kV 及以上架空输电线路	
3		超临界及超超临界发电机组引风机小汽轮机驱动技术	电力行业火电厂	
4		可控自动调容调压配电变压器技术	电力行业 10kV 配电网	
5		全光纤电流/电压互感器技术	电力行业智能电网、数字化变电站建设	
6		自然通风逆流湿式冷却塔风水匹配强化换热技术	电力行业电力、冶金、石化等行业大型自然通风逆流湿式冷却塔强化换热改造	
7		冷却塔用离心式高效喷溅装置	电力行业火力发电厂自然通风冷却塔	
8		回转式空气预热器密封节能技术	电力行业火力发电	
9		基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术	电力行业电网输变电线路	
10		基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术	电力行业具有架空地线逐塔接地的各电压等级架空输电线路	
11		准稳定直流除尘器供电电源节能技术	电力行业电力、钢铁、石油石化、化工及建材	
12		球磨机高效球磨综合节能技术	电力行业电力、钢铁、有色金属、石油石化等行业	
13		铜包铝芯电线电缆节能技术	电力、机械等行业高耗能企业用电	
14		微电网储能应用技术	电力行业各类型微电网工程以	《国家重点

			及分布式风储、光储工程	节能低碳技术推广目录》 (2017 年本, 低碳部分)
15		变压器用植物绝缘油生产技术	电力行业变压器绝缘油	
16		低电压隔离式分组接地技术	通信与建筑行业电力、通信、自动化、水利、石油等领域用电设备和网络的接地与保护	
17		紧凑小型常压空气绝缘密封开关柜替代 SF6 环网柜/开关柜技术	电力行业输配电系统电力开关	
18	建筑	高效冷站机房集成技术	建筑空调系统	《北京市 2018 年节能低碳技术产品推荐目录》
19		空调室外机潜热冷却节能技术	数据中心制冷空调系统	
20		分布式光伏智能全站管理系统	小微型屋顶光伏电站	
21		基于无线传感网的智慧照明系统	照明控制	
22		智能照明控制技术	公共建筑、数据中心	
23		光生物安全教学专用 LED 灯	学校、医院等室内照明	
24		LED 教室灯、黑板灯	校园照明	
25		智能调节透反射率节能玻璃膜	建材行业建材、建筑、民用及商用; 建筑玻璃及汽车玻璃贴膜	《国家重点节能低碳技术推广目录》 (2017 年本, 节能部分)
26		金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术	轻工行业商用燃气灶具	
27		基于翅片式换热结构的节能型炊具技术	轻工行业明火燃烧的燃油燃气炊具	
28		陶瓷金卤灯高效照明系统	轻工行业市政及室内商业照明	
29		智能照明节能技术: 基于边缘计算的公共照明智能控制节能技术	轻工行业 道路、隧道、景观、楼宇、园区、场馆等公共场所综合照明智慧控制与节能管理	
30		智能照明节能技术: 基于 ZPLC 的楼宇智能照明节能技术	轻工行业 建筑楼宇照明	
31		人体电压感应节能控制芯片技术	轻工行业 电子行业 家用电器	
32		水性高效隔热保温涂料节能技术	建筑行业用于建筑业、石油工业、运输业、兵器工业等需要保温隔热的材质表面	
33		动态冰蓄冷技术	建筑行业各种中央空调系统及工艺用冷系统	
34		高效水蓄能中央空调技术	建筑行业建筑领域用供热制冷	

35		墙体用超薄绝热保温板技术	建筑行业新建建筑节能保温、既有建筑节能改造	
36		低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术	建筑行业建材、建筑行业民用或商业建筑窗体	
37		溴化锂吸收式冷凝热回收技术	建筑行业采暖供冷，工业领域，工艺制冷及供热	
38		冷库围护结构一体化节能技术	建筑行业冷库领域	
39		热管/蒸气压缩复合制冷技术	通信行业通信、IT、金融等行业以及各部委、科研院所等	
40		通信用 240V 直流供电系统	通信行业可应用于工业、通讯、国防、医院、计算机业务终端、网络服务器、网络设备、数据存储设备各个领域的数据机房中向服务器等通信设备供电	
41		通信用耐高温型阀控式密封电池节能技术	通信行业通信	
42		数据中心机房供冷技术之一：分布式热管冷却技术	通信行业数据中心、信息机房冷却系统	
43		数据中心机房供冷技术之二：全密闭动态均衡送风供冷节能技术	通信行业各类数据中心（IDC）、机房	
44		服务器芯片液体冷却节能技术	通信行业数据中心信息机房	
45		电子设备液冷导热节能技术	通信行业政府、通信运营商、IDC 企业、互联网、金融、公安、电力等行业数据中心	
46		基于 SDR 集群专网通信系统节能技术	通信行业无线专网通信系统领域；包括 2G/3G/4G 集群产品、2+4 宽窄带融合集群产品、应急通信/便携通信产品	
47		光伏直驱变频空调技术	轻工行业新能源供热制冷	《国家重点节能低碳技术推广目录》（2017 年本，低碳部分）
48		一体化轻质混凝土内墙施工技术	建筑内墙施工	
49		制冷剂回收与循环利用技术	轻工行业家电产品制冷剂的回收与再利用	
50	交通	直接蒸发式制冷机组和大型表冷器系统	轨道交通地下车站和地下空间空调通风系统	《北京市 2018 年节能低碳技术产品推荐目录》
51		成套风光互补 LED 路灯照明控制系统	应用于供电不方便的道路照明	
52		DL 型 LED 路灯	适用于公路及景观照明	
53		智能高压钠灯电子节电控制	道路照明领域，适用于机场、码	《国家重点

		系统	头、船坞、广场、工矿企业、公园、庭院照明等范围。	节能低碳技术推广目录》 (2017 年本, 节能部分)
54		基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术	轻工行业广告灯箱、标识系统、展览展示	
55		基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术	轻工行业道路、工矿企业、商场、码头等的照明	
56		大功率氙气照明节能技术	轻工行业照明领域, 道路交通、工矿企业、大型场馆等场所大功率照明	
57		高速公路电子不停车收费技术	交通行业高速公路收费领域	
58		船舶轴带无刷双馈交流发电系统技术	交通行业内河、沿海及远洋定距桨船舶	
59		金属减摩修复技术	交通行业各种热能动力机械, 通用或专用机械, 大型机械部件, 交通运输工具乃至其他特种装备	
60		基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术	交通行业船龄较长、推进力不足、未安装导流罩等设备的旧船或新造船	
61	垃圾	有机垃圾就地资源化处理与利用装备	有机垃圾处理	《北京市 2018 年节能低碳技术产品推荐目录》
62		餐厨垃圾就地快速处理及油水高效分离节能技术	其他行业 就餐人员集中的国家机关、企业、学校、医院等企事业单位的餐饮场所	《国家重点节能低碳技术推广目录》 (2017 年本, 节能部分)

5.3.1 近零碳排放社区技术路径

参考国内外低碳建设案例采用的技术, 从建筑、市政路灯、废水、生活垃圾、林地草地、碳中和等板块提出了可行性较强的技术路径, 如下表所示。

表 5-3 近零碳排放社区技术路径

版块	技术路径
建筑	参照前面建筑的技术路径

市政路灯	LED 灯+新能源路灯（如风光互补灯）
废水	使用节水器具，加强节水宣传，并充分利用雨水和中水回收、处理、再利用
生活垃圾	垃圾分类、减少衣食浪费、公众宣传
林地、草地	提高小区绿地率，鼓励建设街边公园，优化植物群落，鼓励种植乔木，增加林地面积
碳中和	购买 CCER(中国核证自愿减排量)、购买林业碳汇、购买广东省碳普惠制核证减排量

以上是较为系统的社区减排技术路径，此外，本课题还依据深圳市减排技术体系和专家调研，从 150 项技术清单中给出了较为具体的适合近零碳排放社区的技术措施，包括两类：一是适用性强的技术，即专家调研得分为 5~6 分的技术措施；二是适用性较强的技术，即得分为 3~4 分的技术措施。可供创建近零碳排放社区示范工程参考。

表 5-4 社区领域适用性强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
电力结构替代	分布式光伏发电
照明技术	基于感应耦合的无极荧光照明技术，普通日光灯改为 LED 节能灯，T5 灯改为 LED 灯，加装红外线感应开关，照明用高效智能节电控制器，户外 LED 照明灯
既有公共建筑改造	空调风系统改造，空调水系统改造，空调系统智能控制改造，空调在线清洗，空调主机改造，冷却塔改造，燃气锅炉改造为空气源热泵，使用节能型电开水器，天然气炉灶，太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），螺杆机热回收（电热水器），螺杆机热回收（燃气热水器），高效照明系统，电梯能源回收，电梯群控措施，自动感应扶梯，遮阳改造-贴膜，外窗改造，外遮阳改造，屋顶绿化，垂直绿化，使用节能型变压器
既有居住建筑改造	太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），外遮阳改造，高效空调系统，外窗改造

新建低排放建筑	更高标准的建筑节能设计（公共建筑），更高标准的建筑节能设计（居住建筑）
大力推动执行能耗限额标准	节能行为科普，特定目的的节能培训，能耗监测统计数据库，示范基地建设
其他措施	垃圾分类回收，固体废弃物资源化利用，非传统水源利用，植林植草增加碳汇，购买林业碳汇，购买核证减排量，区域碳排放监测系统及个人碳账户

表 5-5 社区领域适用性较强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
控制管理技术	变频优化控制系统节能技术，过程能耗管控系统技术，高耗能设备定时开、关等相关措施
温控技术	制冷剂替换，合理设置空调温度，中央空调余热回收，中央空调主机变频技术，电子膨胀阀变频节能技术，中央空调风机、水泵、风柜加变频器，磁悬浮变频离心式中央空调机组技术，中央空调智能控制技术，双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术，中央空调全自动清洗节能系统技术，基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术，中央空调水处理防腐阻垢节能技术，电热水器改为太阳能热水系统，将燃油锅炉供热水改为太阳能热水系统，热泵技术，热泵的双级增焓提效技术
照明技术	高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术，使用纳米聚光板或纳米聚光板替换普通聚光板
交通政策措施	提高停车收费，鼓励“绿色出行”和自愿停驶，核心城区内推广“机动车低排放区”，建设慢行网络

5.3.2 近零碳排放园区技术路径

近零碳排放园区示范建设内涵是在满足工业企业正常生产、生活需求前提下，

降低单位产品（单位产值）碳排放量。根据工业园区碳排放源情况，近零碳排放园区实施的技术路径按类型包括以方面。

（1）碳减排技术

碳减排技术主要是指通过采用一定低碳技术，降低园区碳排放源的碳排放量，根据碳排放源形式，碳减排技术具体如下：

①围护结构

围护结构性能是影响空调、照明系统的重要因素，提高围护结构性能能够有效降低工业园区空调系统、照明系统碳排放量。而对于深圳地区，围护结构性能主要体现在自然通风、自然采光与保温隔热性能三个方面。

②空调系统

空调系统运行能效与运行效率是影响空调系统能耗的重要因素，其中，提高运行能效的技术措施是采用高效设备，减少空调系统运行时间则主要针对园区需求，制定空调系统合理的控制策略。因此，其碳减排技术主要包括高效设备与合理的控制策略。

此外，由于电子信息厂房送、排放量大，尤其存在恒温恒湿厂房，室内排风温度低，加大对空调排放量的冷量回收可以极大的降低新风冷负荷，减少空调系统能耗，也是工业园区碳减排技术之一。

③照明系统

照明系统是工业园区主要用能系统之一，对于照明系统而言，减少照明系统能耗的主要技术为高效照明灯具与照明节能控制，因此，是照明系统碳减排技术。

④空气压缩系统

空气压缩系统主要设备是空气压缩机，而对于空气压缩而言，其降低能耗的技术措施主要包括三方面，一是采用变频技术，根据末端需求合理调节空压机运行频率；二是群控技术，根据末端需求合理调节空压机运行台数；三是余热回收技术，由于空压机运行过程中产生较大热量，可以作为工业企业热水热源。因此，对于空气压缩系统具有可行和可操作性的低碳技术分别为变频技术、群控技术与余热回收技术。

此外，对于电子信息类工业园区，除上述用能设备外，其他的均为生产工艺

设备，其能源消费主要由企业生产工艺决定，考虑到减排技术的可操作性，在此不作考虑。

（2）可再生能源利用

可再生能源应用技术属于典型的低碳技术，能够减少园区对市政电力的需求总量，对于深圳市地区，较为适宜的可再生能源应用技术为光伏发电。

（3）碳捕集、利用封存技术

碳捕获、利用与封存是应对全球气候变化的关键技术之一，受到世界各国的高度重视，其主要应用技术把生产过程中排放的二氧化碳进行提纯，继而投入到新的生产过程中，可以循环再利用，而不是简单地封存。该技术作为新的减排技术，存在较高的成本与能耗，可作为近零碳园区推荐性技术。

（4）碳中和技术

对于深圳地区，碳中和技术主要包括采用植被绿化进行碳汇、采用碳普惠制以及碳交易购买碳排放量形式对园区碳排放量进行补偿。

深圳市电子信息类园区近零碳排放园区技术路径如下：

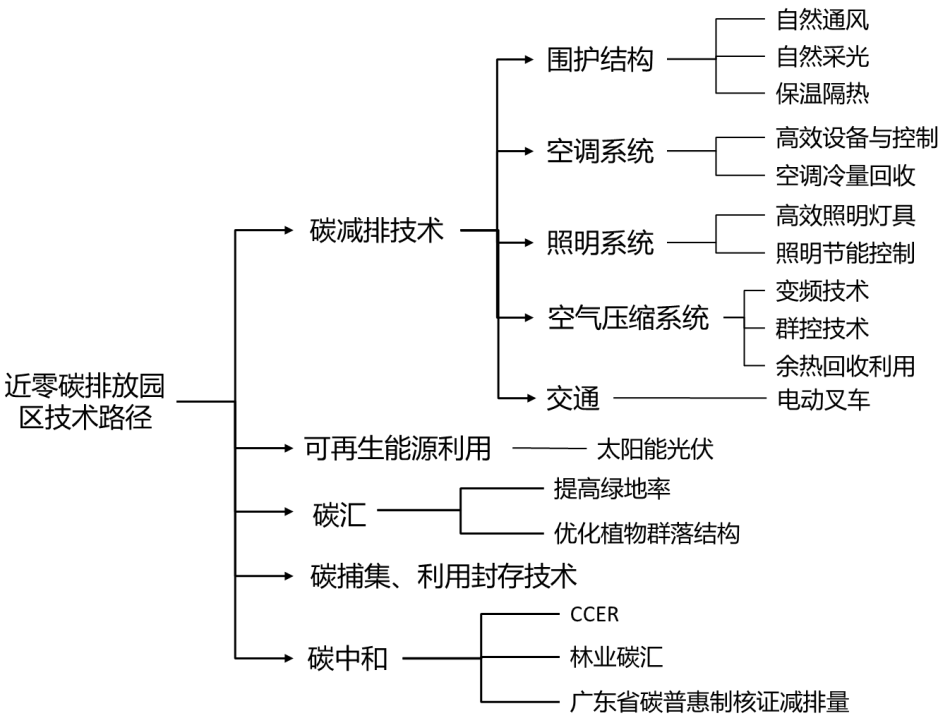


图 5-2 近零碳排放园区技术路径

以上是较为系统的园区减排技术路径，此外，本课题还依据深圳市减排技术体系和专家调研，从 150 项技术清单给出了较为具体的适合近零碳排放园区的技

术措施,包括两类:一是适用性强的技术,即专家调研得分为 5~6 分的技术措施;
二是适用性较强的技术,即得分为 3~4 分的技术措施。可供创建近零碳排放园区
示范工程参考。

表 5-6 园区领域适用性强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
电力结构替代	分布式光伏发电,冷热电三联产技术
控制管理技术	变频优化控制系统节能技术,全功率匹配节能数控柔性联动技术,过程能耗管控系统技术,高耗能设备定时开、关等相关措施,动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术
注塑机技术	塑料注射成型伺服驱动与控制技术,注塑机智能变频节能控制技术,注塑机定量泵系统改为变量泵系统,注塑机安装炮筒热套,注塑机余热回收改造
温控技术	制冷剂替换,合理设置空调温度,中央空调余热回收,大温差技术,中央空调主机变频技术,电子膨胀阀变频节能技术,中央空调风机、水泵、风柜加变频器,磁悬浮变频离心式中央空调机组技术,中央空调智能控制技术,双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术,中央空调全自动清洗节能系统技术,基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术,中央空调水处理防腐阻垢节能技术,电热水器改为太阳能热水系统,将燃油锅炉供热水改为太阳能热水系统,热泵技术,热泵的双级增焓提效技术
通用机械技术	变频调速节能技术,永磁涡流柔性传动节能技术,水泵风机目标电耗节能控制技术,高效节能电动机用铸铜转子技术,稀土永磁盘式无铁芯电机节能技术,同步电机微机全控励磁技术,空压机余热回收,活塞空压机改为螺杆空压机,两级喷油高效螺杆空气压缩机节能技术
燃烧加热技术	聚能燃烧技术,高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术
专用技术	低耗能洁净厂房技术,塑料动态成型加工节能技术,高效节能型锥

	形同向双螺杆挤出技术，铅蓄电池高效低能耗极板制造技术，高效放电回馈式电池化成技术
照明技术	高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术，基于感应耦合的无极荧光照明技术，普通日光灯改为 LED 节能灯，T5 灯改为 LED 灯加装红外线感应开关，照明用高效智能节电控制器，使用纳米聚光板或纳米聚光板替换普通聚光板，户外 LED 照明灯
锅炉技术	锅炉“油改气”，锅炉余热回收
数控机床技术	数控机床的有源功率补偿技术
运输技术	发动机冷却系统优化节能技术
汽车燃油经济性	高效燃油货车
既有公共建筑改造	空调风系统改造，空调水系统改造，空调系统智能控制改造，空调在线清洗，空调主机改造，冷却塔改造，燃气锅炉改造为空气源热泵，使用节能型电开水器，天然气炉灶，太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），螺杆机热回收（电热水器），螺杆机热回收（燃气热水器），高效照明系统，电梯能源回收，群控措施，自动感应扶梯，遮阳改造-贴膜，外窗改造，外遮阳改造，屋顶绿化，垂直绿化，使用节能型变压器
既有居住建筑改造	太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），外遮阳改造，高效空调系统，外窗改造
新建低排放建筑	更高标准的建筑节能设计（公共建筑），更高标准的建筑节能设计（居住建筑）
大力推动执行能耗限额标准	节能行为科普，特定目的的节能培训，能耗监测统计数据库，示范基地建设
其他措施	垃圾分类回收，固体废弃物资源化利用，非传统水源利用，植林植草增加碳汇，购买林业碳汇，购买核证减排量，碳捕集技术，区域碳排放监测系统及个人碳账户

表 5-7 园区领域适用性较强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
----------	--------

燃煤电厂技术	锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统技术，天然气点火替代燃油点火，锅炉空预器技术改造，汽轮机汽封改造，汽轮机通流部分现代化改造，机组增容改铭牌，高效电机更换
燃气电厂技术	余热锅炉尾部增加受热面，纯凝汽轮机组改造实现热电联产技术，燃机转子冷却空气废热利用，燃机进气冷却
电力结构替代	新建燃气发电，提高现有燃气发电利用小时数，垃圾发电，妈湾电厂退役
燃烧加热技术	高效电磁感应加热技术
基础设施建设	电动车分时租赁
替代燃料和新能源汽车	电动出租车替代燃油出租车，电动公交车替代燃油公交车，混合动力公交车替代燃油公交车，混合动力货车替代燃油货车，货车油改气
交通政策措施	提高停车收费，鼓励“绿色出行”和自愿停驶，建设慢行网络

5.3.3 近零碳排放城区技术路径

图 5-3 所示为近零碳排放城区的技术路径图，要实现城区近零碳排放，主要包括五部分内容：能源结构优化、碳源减排技术、碳汇、工业碳捕集技术以及碳中和技术。

- 1) 能源结构优化：可再生能源利用技术、分布式能源技术、先进储能技术、智能电网技术等；
- 2) 建筑碳排放减排：参照近零碳排放建筑相关的技术要求；
- 3) 产业碳减排：参照近零碳排放园区相关的技术要求；
- 4) 交通：建设慢行系统网络；大力发展轨道交通、公共交通以及 BRT、提高新能源汽车比例、建设智能交通运输管理系统等。
- 5) 路灯碳排放减排：所有照明光源使用 LED 灯，并提高新能源路灯应用比例；
- 6) 废弃物处理碳排放：使用节水器具，加强节水宣传，并充分利用雨水和中水回收、处理、再利用；垃圾分类回收，垃圾焚烧发电技术、有机垃圾厌氧发

醇技术、沼气发电技术；增加公众低碳生活意识，减少衣食浪费等；

7) 碳汇：提高城区绿地率，鼓励建设街边公园，优化植物群落，鼓励种植乔木，增加林地面积；

8) 碳中和：通过购买 CCER(中国核证自愿减排量)、林业碳汇、广东省碳普惠制核证减排量等，抵消项目碳排放。



图 5-3 近零碳排放城区技术路径

以上是较为系统的城区减排技术路径，此外，本课题还依据深圳市减排技术体系和专家调研，从 150 项技术清单给出了较为具体的适合近零碳排放城区的技术措施，包括两类：一是适用性强的技术，即专家调研得分为 5~6 分的技术措施；二是适用性较强的技术，即得分为 3~4 分的技术措施。可供创建近零碳排放城区示范工程参考。

表 5-8 城区领域适用性强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
电力结构替代	分布式光伏发电，冷热电三联产技术
温控技术	合理设置空调温度

照明技术	高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术，基于感应耦合的无极荧光照明技术，普通日光灯改为 LED 节能灯，T5 灯改为 LED 灯，加装红外线感应开关，照明用高效智能节电控制器，使用纳米聚光板或纳米聚光板替换普通聚光板，户外 LED 照明灯
基础设施建设	快速公交发展，常规公交发展，电动车分时租赁，轨道交通发展
替代燃料和新能源汽车	电动出租车替代燃油出租车，电动公交车替代燃油公交车，电动私家车替代燃油私家车（计入间接排放），混合动力公交车替代燃油公交车，混合动力货车替代燃油货车，货车油改气
汽车燃油经济性	高效燃油货车
交通政策措施	提高停车收费，道路拥堵收费，汽车尾号限行，中心城区对外干道实施 HOT 收费，鼓励“绿色出行”和自愿停驶，核心城区内推广“机动车低排放区”，建设慢行网络
既有公共建筑改造	空调风系统改造，空调水系统改造，空调系统智能控制改造，空调在线清洗，空调主机改造，冷却塔改造，燃气锅炉改造为空气源热泵，使用节能型电开水器，天然气炉灶，太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），螺杆机热回收（电热水器），螺杆机热回收（燃气热水器），高效照明系统，电梯能源回收，电梯群控措施，自动感应扶梯，遮阳改造-贴膜，外窗改造，外遮阳改造，屋顶绿化，垂直绿化，使用节能型变压器
既有居住建筑改造	太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），外遮阳改造，高效空调系统，外窗改造
新建低排放建筑	更高标准的建筑节能设计（公共建筑），更高标准的建筑节能设计（居住建筑）
大力推动执行能耗限额标准	节能行为科普，特定目的的节能培训，能耗监测统计数据库，示范基地建设
其他措施	垃圾分类回收，固体废弃物资源化利用，非传统水源利用，植林植草增加碳汇，购买林业碳汇，购买核证减排量，区域碳排放监测系统及个人碳账户

表 5-9 城区领域适用性较强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
燃气电厂技术	燃机进气冷却
电力结构替代	新建燃气发电，提高现有燃气发电利用小时数，垃圾发电，妈湾电厂退役
控制管理技术	变频优化控制系统节能技术，过程能耗管控系统技术，高耗能设备定时开、关等相关措施
温控技术	制冷剂替换，中央空调余热回收，大温差技术，中央空调主机变频技术，电子膨胀阀变频节能技术，中央空调风机、水泵、风柜加变频器，磁悬浮变频离心式中央空调机组技术，中央空调智能控制技术，双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术，中央空调全自动清洗节能系统技术，基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术，中央空调水处理防腐阻垢节能技术，电热水器改为太阳能热水系统，将燃油锅炉供热水改为太阳能热水系统，热泵技术，热泵的双级增焓提效技术
锅炉技术	锅炉“油改气”，锅炉余热回收
运输技术	发动机冷却系统优化节能技术
地铁技术措施	空调通风变频、水系统变频节能改造，加装无功补偿装置，调整运行方式改善功率因数，西乡与西丽主所支援供电，地铁列车变频空调节能项目，照明系统节能升级改造，车站改装 LED 灯具，车站室照明采购 LED 灯具，取消段、场内电客车热备，自动化集成系统维护工作站改造，区间隧道照明，车站大系统，车站公共区照明，TVF 风机开启控制，车站小系统，其他地铁管理节能项目
其他措施	碳捕集技术

第六章 配套政策体系建设

6.1 出台政策宣传引导，调动社会各方参与积极性

深圳市应出台相关政策，加强宣传引导，坚定区各级政府开展近零碳排放区示范工程建设的信心，同时推动区各级政府和相关主体提高认识，将示范工程建设与当地经济社会发展结合起来，通过项目带动形成绿色低碳新增长点、新动能，实现控制碳排放与经济的双赢。例如浙江省的经验值得借鉴，在开展近零碳排放区示范工程建设中，将该项工作作为低碳试点工作的一部分，虽然并无相关财政支持，但是支持试点工程借由创建近零碳排放区示范工程之名，与当地城市发展宏观战略紧密结合，如近零碳排放农村社区与乡村振兴战略结合，而不仅仅是为创建“近零碳”而创建，从而调动了企业、政府和社会参与的积极性。

6.2 制定示范工程建设政府全过程行政管理制度

6.2.1 强化组织领导

政府应将近零碳排放区示范工程建设与当地经济社会发展结合起来，通过项目带动形成绿色低碳新增长点、新动能，实现控制碳排放与经济的双赢，为实现经济高质量发展提供有力支撑，进而消除对开展近零碳排放区示范工程建设的疑虑。

政府应成立近零碳排放区示范工程建设工作推进小组。领导小组下设办公室，负责组织推动示范工程申报、建设工作的开展，定期对示范工程进行检查，推动各项任务全面落实；并加强与生态环境部气候司、省发改委等部门沟通协调，落实相关政策。其他各相关部门紧密配合，主动服务。

6.2.2 出台示范工程建设指引

根据前面研究分析内容，拟在城区、社区、园区等三个领域探索开展近零碳

排放示范工程建设试点，并将具有良好的碳排放数据管理和低碳工作基础、有一定低碳技术研发与应用基础、有一定示范带动作用的试点项目纳入到深圳市近零碳排放区示范工程项目库。

示范工程项目申报应编制申报材料，包括项目申请表以及项目申请报告，报送至市发展和改革委员会，可由市发展和改革委员会联合各行业主管部门组织专家团队对申报项目进行初步评估，并筛选一批符合条件的试点项目。

项目申请表主要包括：

（1）示范工程项目名称、申报类型、申报单位及申报单位负责人及联系人的相关信息；

（2）还有申报单位情况简介，如申报单位从事的业务现状；

（3）申报的示范工程情况简介，包括但不限于项目背景、功能、项目的建设情况（如已建、在建或未建）、投资概算等，以及该项目的建设审批工作以及预期的减排评估等。

具体可见表 6-1 所示。

表 6-1 深圳市近零碳排放区示范工程项目申请表

项目名称			
申报类型	☐ 城区； ☐ 社区； ☐ 园区； ☐ 建筑； ☐ 交通； ☐ 企业		
申报单位			
申报负责人		职务	
项目联系人		职务	
联系人电话		电子邮箱	
联系地址			
申报单位情况简介			
工程项目情况简介			
项目前期审批工作情况	项目批复类型： ☐ 审批， ☐ 核准， ☐ 备案； 环评批复： ☐ 有， ☐ 无， ☐ 不适用； 能评批复： ☐ 有， ☐ 无， ☐ 不适用；		

	土地预审批复：□有，□无，□不适用； 规划选址批复：□有，□无，□不适用； 其他：_____
示范工程项目预期减排评估	
申报主体承诺	本单位自愿申请成为深圳市近零碳排放区示范工程项目，并对所提交申请材料的真实性负责，特此声明。 申报单位（盖章）： 申报负责人（签字）： 年 月 日
深圳市发改委审批意见	

除了项目申请表外，申报单位还需提交示范工程项目申请报告，对前面的项目申请表内容进行详细阐述和补充，申请报告应按照如下大纲编制：

1、申报主体概况：1）申报主体的基本情况简介，包括低碳工作或项目开展情况；2）申报主体历史碳排放情况。包括近两年的能源活动、工业、生产过程、农业、土地利用变化和林业、废弃物处理等方面的温室气体排放数据。

2、申报试点项目情况：1）项目基本情况，包括前期工作情况、是否获得或正在申报国家和省级其他专项资金支持情况等，并附证明文件；2）项目建设内容：包括建设规模、总投资、预期成本和收益、资金来源、资金安排使用计划等；3）项目预期减排情况，以申报主体 2017 年碳排放情况为基准年，以 2020 年为预期年，对项目实施前后的预期减排情况进行科学评估，并附有关详细说明；4）项目创新情况，包括体制机制创新、技术创新、技术综合应用推广等；5）项目组织保障。包括管理体制、实施进度、资金筹集情况。

3、有关证明材料：1）符合申报条件的相关证明文件；2）项目产权(授权)

证明；3）政府部门对申报主体及其项目的资助情况（如有，必须具体列明，否则取消申报资格）；4）已开展碳盘查或温室气体清单编制及低碳发展规划的相关资料；5）示范工程项目的可行性报告、发展规划方案、实施方案等资料；6）申报企业领域的，应提供营业执照复印件、法定代表人身份证明书（复印件）和上一年度财务审计报告；7）申报城区或园区的试点，应获得所在区人民政府同意申报的批复意见；上述复印材料均需加盖本单位公章并验原件。

6.2.3 建立监督、检查和考核机制

1、各部门平时应加强定期监督与检查

各部门要高度重视近零碳排放区示范工程推广工作，按照职责分工，部门主要负责人作为责任人，狠抓落实，强力推进；示范单位按指定具体的示范工程建设方案，落实示范项目，并定期将工作进度完成情况进行汇报。市发改委、财委对政府补贴资金的使用全程监督，对未按规定履行职责或工作不力的，责令整改并追责，同时积极发挥新闻舆论的监督作用。

2、建立健全考核机制

应要求近零碳排放区示范单位加强碳排放统计监测能力建设，为近零碳排放区示范工程建设评价考核提供数据支撑；以项目申请报告承诺的建设目标为考核目标，逐一客观公正考核，并设立考核不合格与超额完成目标的奖惩机制。

6.2.4 示范工程建设效果评估体系

1、完善温室气体排放统计体系，建立碳监测平台与个人碳账户

建立近零碳排放区示范工程碳排放统计体系，动态监测示范工程碳排放现状，逐步完善相关数据收集和核算体制机制，在此基础上建立温室气体排放统计体系。近零碳排放区应建立重点领域碳排放实时监测平台与排放区个人碳账户，对交通、工业、建筑等领域能源资源消耗、碳排放进行实时监测和动态管理，实现区域碳排放的实时在线监测以及碳排放信息的计算和展示。

同时考虑多用户需求，通过个人碳账户模块面向公众开放，定期向排放区内

的公众或全社会披露近零碳排放区的碳排放情况，鼓励公众参与到碳排放管理中来。

2、建立项目效果评估及改进机制

示范工程项目应建立近零碳排放区示范工程项目动态跟踪评价机制，对已建成的近零碳排放区示范工程项目的碳排放水平进行动态跟踪监测与评估。根据跟踪评估结果，进一步优化各项措施，实现近零碳排放目标。

评估示范工程项目对象碳排放应针对指定评价范围内的温室气体排放量、抵消量进行综合核算，计算公式如下：

指定评价范围内的温室气体排放量=试点边界内温室气体排放量—试点边界内产生的碳汇—购买试点边界外产生的自愿减排量

建成并稳定运营三个月以上的试点项目，主管部门将择时组织专家团队对申报项目的实施效果进行评价。

6.3 加强资金、容积率等奖励措施

6.3.1 统筹使用财政资金，设立近零碳排放区示范工程建设专项资金

1、统筹使用财政资金

深圳市在多个低碳领域有财政支持政策，如《深圳市循环经济与节能减排专项资金》、《深圳市节能环保产业发展专项资金》、《深圳市新能源产业发展专项资金》、《深圳市建筑节能发展资金》等，未来可结合深圳市实际发展需要，将这些奖励资金统筹管理，协同使用支持城市的低碳发展建设工作。通过统筹使用财政资金，对近零碳排放区示范工程加大资金扶持力度。

2、设立近零碳排放区示范工程建设专项资金

深圳市设立市级近零碳排放区示范工程建设专项资金，并将其纳入相关专项资金管理办法，专项用于近零碳排放区示范工程建设工作，主要包括无偿资助及补贴、贷款贴息等。专项资金由市发展和改革委员会协同市财政委员会统一管理，项目补贴资金采取专用账户、封闭管理方式。市财委将补贴资金拨付至项目建设单位在指定银行开立的监管账户，专款专用，资金使用超出规定范围或改变资金

用途的，市财委可授权监管银行拒绝支付。

(1) 无偿资助及补贴：按创建任务中各实施对象的补贴资金额度发放。

表 6-2 近零碳排放区示范工程补贴资助金额（建议值）

序号	补贴领域	补贴额度	备注
1	社区	按总投资 50%的标准进行补贴。	单项资助额不超过 2000 万元。
3	园区	500 元/平方米（厂房建筑面积）	单个工程最高不超过 1000 万元。
4	城区	按总投资 50%的标准进行补贴。	每个项目补贴额不超过 1 亿元。

(2) 贷款贴息标准：对近零碳排放区示范工程项目建设期内的实际贷款，给予 3 个百分点的贷款利率贴息。单个项目贴息累积金额不超过 500 万元，可与无偿资助及补贴共享。

6.3.2 拓展投融资模式，鼓励资本市场支持近零碳排放区建设

深圳市应拓宽融资渠道，鼓励社会资金、信贷资金、民间资本投资近零碳排放区建设，促进投资主体的多元化；在城市基础设施、公共服务设施等建设投资领域，创新政府与社会资本合作（PPP）的各种途径；同时，积极争取国家、省、市对应对近零碳排放区建设工作的支持。

各类金融机构对符合条件的近零碳排放区示范工程，要积极开展绿色信贷业务，开发绿色信贷管理系统，开辟绿色信贷快速审批通道，配套绿色信贷专项规模绿色通道，加大信贷支持力度，提升金融服务水平，推动近零碳技术产品综合集成应用；同时，鼓励符合条件的近零碳排放区中的企业或各类主体通过发行各类债券融资，积极拓宽融资渠道。

6.3.3 示范工程容积率奖励措施

结合示范工程申报及建设工作，政府部门应出台相应的奖励机制，如《深圳市关于建设近零碳排放区示范工程的容积率奖励政策》。因为建设近零碳排放区示范工程的增量成本较大，以近零碳排放建筑为例，比传统的建筑成本要高

55%~70%左右。如果没有激励政策，难以调动起各单位、机构的积极性，现在国家仅出台建设近零碳排放区示范工程的通知，但是尚未出台正式的优惠政策，也没有完善的配套政策文件。因此在项目开始，应该给予申报单位一些奖励，如容积率奖励等。

我国大多数城市都规定了容积率奖励的政策，而且根据城市自身情况都规定了特定的奖励条件，主要集中在提供公共空间方面。部分城市也在公共服务设施、保障性住房、市政设施、建筑节能方面提出了容积率奖励的策略。

表 6-3 我国部分城市容积率奖励政策

城市	奖励区域	奖励措施	奖励上限
上海市	中心城 区	FAR<2, 1m ² 的有效开敞空间=1m ² 的建筑面积奖励 2≤FAR<4, 1m ² 的有效开敞空间=1.5m ² 的建筑面积奖励 4≤FAR<6, 1m ² 的有效开敞空间=2m ² 的建筑面积奖励 6≤FAR, 1m ² 的有效开敞空间=2.5m ² 的建筑面积奖励	核定容 积率的 20%
南京市	/	FAR<2, 1m ² 的有效开敞空间=1.5m ² 的建筑面积奖励 2≤FAR<4, 1m ² 的有效开敞空间=2m ² 的建筑面积奖励 4≤FAR<6, 1m ² 的有效开敞空间=2.5m ² 的建筑面积奖励	核定容 积率的 20%
无锡市	/	6≤FAR, 1m ² 的有效开敞空间=3m ² 的建筑面积奖励	
怀化市	/	FAR<2, 1m ² 的有效开敞空间=2m ² 的建筑面积奖励 2≤FAR<4, 1m ² 的有效开敞空间=2.5m ² 的建筑面积奖励 4≤FAR<6, 1m ² 的有效开敞空间=3m ² 的建筑面积奖励 6≤FAR, 1m ² 的有效开敞空间=4m ² 的建筑面积奖励	核定容 积率的 10%
昆明市	项目地 块内或 二环路 内	1m ² 公共绿地/公益性设施/市政配套设施=6m ² 的建筑面积奖励	/

哈尔 滨市	/	1 个停车位=100m ² 建筑面积奖励 1m ² 停车楼=6m ² 建筑面积奖励; 1m ² 公益性服务设施=4m ² 建筑面积奖励; 1m ² 公共绿地广场=4m ² 建筑面积奖励; 1m ² 建筑节能及特色风貌=6m ² 建筑面积奖励;	核定容 积率的 20%
----------	---	--	-------------------

因此结合其他城市针对容积率奖励的政策，可以提出深圳市建设近零碳排放区示范工程实施的容积率奖励政策：城区、园区以及社区类示范工程可奖励核定容积率的 30%。

6.4 强化技术与市场支撑

6.4.1 强化技术支撑

1、组建专家库，联合利益相关方，加强近零碳排放区相关标准、政策、发展规划研究

加强与高校、研究机构、行业协会等智库机构的密切合作，组建近零碳排放技术专家库，根据发展需要增补专家入库，联合利益相关方，开展《深圳市近零碳排放区示范工程指标体系及碳排放核算体系》、《近零碳排放区示范工程建设指南》、《近零碳排放区示范工程碳排放监测系统技术标准》等标准研究与近零碳排放区的政策、发展规划研究，尤其注重培养近零碳排放区示范工程实施主体的数据获取与处理能力。

根据深圳市不同地区能源消费结构与碳排放特点，在综合考虑经济发展水平、能源消费、产业结构以及碳排放等指标的基础上，将区域碳排放总量是否达峰，产业、建筑、交通、生活等重点排放领域近零碳排放技术示范应用情况，以及源汇相抵后净碳排放是否接近于零作为核心评价指标，从而制定具有可操作性的近零碳排放示范区评价标准与建设指南。

2、鼓励扶持近零碳企业开展技术创新

将近零碳示范区建设纳入我市重点创新工程，以可再生能源应用技术、清洁能源应用技术、研发高效节能产品等为重点，提高能源利用效率，降低能源消耗，

控制碳排放，加快近零碳技术创新，抢占行业制高点。

对符合近零碳排放标准的新材料、新技术、新产品的研发、生产和设计单位，优先认定为高新技术企业，享受高新技术企业相关优惠政策。

6.4.2 引入碳交易机制

将近零碳排放区示范工程纳入深圳市碳交易市场，包括示范工程中的建筑、工业、交通等碳排放源，或者可通过碳交易市场探索近零碳排放区内部碳交易机制，提高排放区内部各排放源的减排积极性。

6.5 完善公众参与绿色低碳发展相关立法与制度，营造低碳生活环境

6.5.1 完善公众参与绿色低碳发展相关立法及公共信息公开制度

首先，完善现行环境保护及能源立法中有关公众参与的规定。如完善公众参与环境保护及能源开发利用过程中政府的行政管理职责、执法听证程序以及相关行政人员的法律责任，为公众参与奠定法律基础。完善公益诉讼案件主体范围的规定，建议将公民纳入环境公益诉讼的起诉主体范围，可按照案件的规模及社会影响，进行分类规定。深圳也可利用地方立法优势出台相关法律法规。

其次，信息公开是实现公众参与的前提和重要保障。如果没有信息公开，公众参与很可能就是一种走过场。以往我国很多环境维权事件，往往是政府的决策信息没能得到及时公开，导致无法及时听取相关公众的意见，等到公众知情时迫于公众压力而不得不改变具体行政决策。因此，今后在开展绿色低碳相关的立法、行政决策和执法过程中都要进一步加强和完善信息公开工作。立法方面，通过报纸、电视、网络、微信等多种渠道将相关的立法和政策征求意见稿及时公之于众，以扩大立法及政策性文件的征求意见范围。随着网络信息技术的发展以及公民参与能力的不断提高，公众参与绿色低碳立法及政策在参与比例及参与深度上应该会有长足的进步。在行政决策和执法方面，相关部门和责任主体应以法律及部门

规章为指导，及时公开相关信息，从而推动公众进行事前参与，以最终提高行政决策效率，推动绿色低碳发展过程中政府、企业及公众之间的良性互动机制的建立。

6.5.2 营造低碳生活环境，树立低碳环保意识

近零碳排放区应积极响应“全国低碳日”的号召，设立“近零碳日”，加大近零碳知识宣传和舆论引导力度，加大对居民低碳文明主流价值观的普及，培养居民适度消费和可持续消费的意识，引导和培育低碳消费观，出台低碳生活指南，履行低碳环保责任。如提高区域内停车收费，鼓励“绿色出行”和“自愿停驶”，开展地球日、无车日、节水行动、减塑行动、熄灯一小时等低碳活动。

借助个人碳账户平台，定期推送低碳生活知识，鼓励公众低碳生活，从自己做起、从身边的小事做起，倡导绿色低碳生活方式，养成绿色生活的日常行为和习惯。鼓励公众使用再生材料产品，支持垃圾分类和可再利用资源回收，绿色出行，餐后打包剩余食物，尽量少用一次性物品，拒绝过分包装等。

美国早在 1970 年开始就公布了《环境教育法》，1990 年又重新出台了《国家环境教育法》。除美国外，巴西、日本和菲律宾等多个国家也出台了对环境教育的专门立法。俄罗斯在其《自然保护法》第 18 条规定：“自然保护基础课的教学应列入普通学校的教学大纲，相关内容应编入《自然》《地理》《化学》等教科书中，在高等院校和中等专业学校中也要设置自然保护和自然资源增殖的必修课程。”从法律上保证环境教育的推动和发展。深圳可以利用特区立法权，制定环境教育法，将环境保护与绿色低碳教育纳入教科书。

6.5.3 加强宣传工作，扩大低碳影响力

依托近零碳排放区示范工程项目打造低碳发展公众教育宣传平台，深入开展多层次、多样化的宣传活动，如举办低碳主题系列展览、近零碳技术发展论坛、城市间近零碳示范工程研讨与交流会、出版近零碳排放区示范工程专业书籍，邀请国内外著名低碳企业参展，提供合作交流平台，促进深圳市绿色低碳产业发展，

科普应对气候变化相关知识，展示国家重点推广的低碳技术，宣传近年来近零碳排放区绿色低碳发展成果。并加强与美国、欧洲、香港等先进国家和地区在近零碳政策与技术方面的交流，借鉴吸收国际先进经验和技術。

附件 1：建筑、交通、企业三要素的技术路径

1.近零碳排放建筑技术路径

建筑碳减排技术主要是指通过建筑节能技术降低建筑能源的使用，同时采用可再生能源技术，替代常规能源使用量，从而降低建筑二氧化碳排放量。

建筑节能技术主要分为主动式节能和被动式节能。主动式节能技术是指科学的使用和运行高效的建筑用能设备，提高设备运行效率，来实现建筑节能的技术；被动式节能技术是指不依赖耗能建筑用能设备系统，完全通过建筑自身设计，如场地设计、空间设计、构造设计和材料选择等，来实现建筑节能的技术。

（1）空调系统

空调系统能耗主要取决于空调系统冷负荷以及空调系统的能效。从原理上空调系统能耗可采用下式计算：

$$N = Q / SCOP$$

式中：

N ——空调系统运行能耗，kWh；

Q ——空调系统实际冷负荷，kWh；

$SCOP$ ——空调系统综合制冷性能系数。

空调系统冷负荷的主要影响因素包括：一是建筑围护结构热工性能，如窗墙面积比，屋面、外墙、外窗传热系数，外窗太阳得热系数等；二是建筑室内环境质量，包括室内温湿度、新风量等；三是空调系统运行时间。

空调系统能效主要取决于各子系统能效：即冷源系统、水系统和风系统能效。每个子系统本身涉及众多的影响因素，子系统之间也有相互影响的关系，空调系统能效的影响因素较为复杂。因此，以空调系统的综合性能系数SCOP来表示。

因此，影响空调系统能耗的节能技术包括，主动式节能技术：提高空调系统设备运行能效（SCOP）；被动式节能技术：提高围护结构热工性能，采用自然通

风降低空调系统运行时间。

(2) 照明系统

照明系统能耗可采用下式计算：

$$\text{照明能耗} = \text{照明功率密度} \times \text{综合运行率} \times \text{运行时间} \times \text{建筑面积}$$

照明功率密度由设计决定，影响因素主要有两方面：照度设计标准和灯具光效。照度设计标准越高，灯具光效越低，照明功率密度越大。

综合运行率取决于自然采光利用、照明灯具的分布与控制。利用自然采光越多，人工照明需求就越少。自然采光利用的前提条件时具有良好的自然采光条件，这与建筑进深、开窗面积和玻璃可见光透过率等因素有关。

运行时间除气候、刚性使用需求之外，取决于照明灯具的分布与控制。运行控制可以是自动控制也可以是手动控制。合理运行控制的前提是合理的照明灯具分布与控制回路设计。

因此，影响照明系统能耗的节能技术包括：主动式节能技术：采用高效的节能照明设备，降低照明功率密度；被动式节能技术：采用自然采光以及合理的运行控制，降低照明运行时间和综合运行率。

(3) 电器设备系统

与照明系统类似，电器设备系统可采用下式计算：

$$\text{设备能耗} = \text{设备功率密度} \times \text{设备开启率} \times \text{运行时间} \times \text{建筑面积}$$

因此，影响电器设备系统能耗的主要因素包括设备的功率密度、设备开启率以及设备运行时间。节能技术主要为采用节能高效的电器设备，降低设备功率密度。

(4) 生活热水

在医院、宾馆酒店公共建筑以及居住建筑中均设置有生活热水系统。影响生活热水能耗的因素主要有：热水温度及需求量、热源效率、热水循环方式、热水泵效率等等。热水温度和需求量可认为是刚性需求，那么影响能耗的主要因素是热源效率与水泵效率形成的热水系统综合运行效率。

(5) 可再生能源利用

深圳市地区属于太阳能资源丰富地区，平原地区太阳辐射年总量在

4759-5116 MJ/m²之间，夏季在1200-1500 MJ/ m²之间，秋季在1200-1300 MJ/ m²之间。从月度划分来看，7月的太阳辐射总量最为丰富。深圳市太阳能可开发利用的潜力巨大，太阳能利用的方法主要包括光伏发电和太阳光热利用。

通过上述分析，深圳市建筑碳减排技术路径主要考虑一下两个方面：

(1) 能源需求侧：通过建筑节能技术降低建筑能耗，包括主动式节能技术：提高空调系统综合能效系数（SCOP），降低照明功率密度，降低电器设备功率密度，提高热水系统运行效率；被动式节能技术：提高围护结构热工性能，加强建筑自然通风，采用自然采光等。

(2) 能源供应侧：加强建筑太阳能光伏和光热利用，提高可再生能源替代常规能源使用量。

以上是较为系统的建筑减排技术路径，此外，本课题还依据深圳市减排技术体系和专家调研，从 150 项中给出了较为具体的适合近零碳排放建筑的技术措施，包括两类：一是适用性强的技术，即专家调研得分为 5~6 分的技术措施；二是适用性较强的技术，即得分为 3~4 分的技术措施。可供创建近零碳排放建筑示范工程参考。

附表 1-1 建筑领域适用性强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
电力结构替代	分布式光伏发电
控制管理技术	变频优化控制系统节能技术，过程能耗管控系统技术，高耗能设备定时开、关等相关措施
温控技术	制冷剂替换，合理设置空调温度，大温差技术，中央空调主机变频技术，中央空调风机、水泵、风柜加变频器，中央空调智能控制技术，电热水器改为太阳能热水系统，将燃油锅炉供热水改为太阳能热水系统，热泵技术
照明技术	高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术，基于感应耦合的无极荧光照明技术，普通日光灯改为 LED 节能灯，T5 灯改为 LED 灯，加装红外线感应开关，照明用高效智能节电控制器，使用纳米聚光板或纳米聚光板替换普通聚光板，户外 LED 照明灯

既有公共建筑改造	空调风系统改造，空调水系统改造，空调系统智能控制改造，空调在线清洗，空调主机改造，冷却塔改造，燃气锅炉改造为空气源热泵，使用节能型电开水器，天然气炉灶，太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），螺杆机热回收（电热水器），螺杆机热回收（燃气热水器），高效照明系统，电梯能源回收，电梯群控措施，自动感应扶梯，遮阳改造-贴膜，外窗改造，外遮阳改造，屋顶绿化，垂直绿化，使用节能型变压器
既有居住建筑改造	太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），外遮阳改造，高效空调系统，外窗改造
新建低排放建筑	更高标准的建筑节能设计（公共建筑），更高标准的建筑节能设计（居住建筑）
大力推动执行能耗限额标准	节能行为科普，特定目的的节能培训，能耗监测统计数据库，示范基地建设
其他措施	垃圾分类回收，固体废弃物资源化利用，购买林业碳汇，购买核证减排量，区域碳排放监测系统及个人碳账户

附表 1-2 建筑领域适用性较强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
控制管理技术	全功率匹配节能数控柔性联动技术，动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术
温控技术	中央空调余热回收，电子膨胀阀变频节能技术，磁悬浮变频离心式中央空调机组技术，双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术，中央空调全自动清洗节能系统技术，基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术，中央空调水处理防腐阻垢节能技术，热泵的双级增焓提效技术
通用机械技术	变频调速节能技术
锅炉技术	锅炉“油改气”，锅炉余热回收
其他措施	非传统水源利用，植林植草增加碳汇

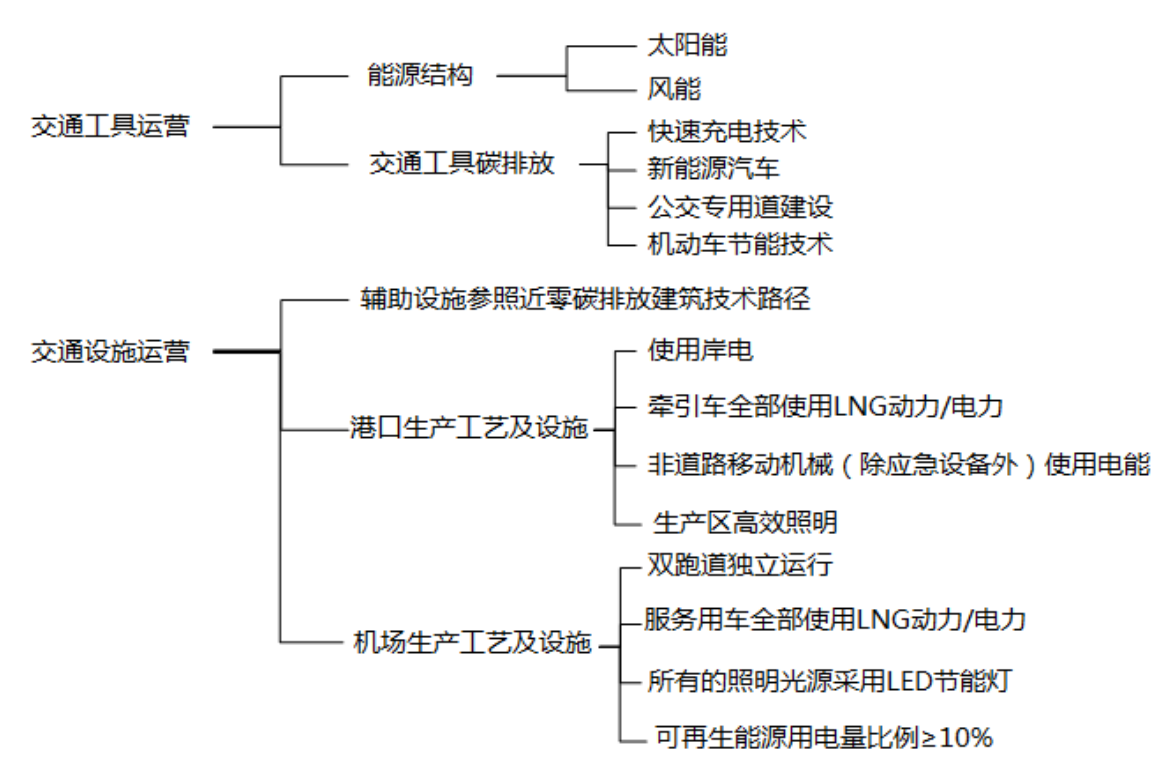
2.近零碳排放交通技术路径

附图 1-1 所示为近零碳排放交通的技术路线图，针对交通工具运营的实现近零碳排放的技术路径主要包括两部分：能源结构优化以及交通工具碳减排技术。

能源结构优化主要包括应用太阳能、风能等可再生能源代替常规的市政电力等；

交通工具碳减排，大力推广新能源、清洁能源汽车，根据深圳市交通十三五规划，到 2020 年深圳市公共汽车及出租车电动化比例将达到 100%；并大力发展建设公交专用道，提高公共交通的通勤能力，降低由于怠速导致的能源消耗；大力推广机动车节能技术，降低交通工具的运行能耗，进而降低其碳排放；快速充电技术，提高充电效率，降低在充电过程中的能源消耗。

交通设施运营碳减排技术主要包括两部分：一是针对辅助设施运营的碳减排，这部分主要参照近零碳排放建筑中相关的内容；另外是对于在这些设施生产、运行时的碳减排技术，主要包括降低燃油、燃气的消耗，鼓励各类设施具有岸电供电设施，船舶等在港时使用岸电，机场采用双跑道独立运行；各类牵引车或者服务用车全部使用 LNG 动力或者电力；非道路移动机械（除应急设备外）使用电能替代油，开展油改电、油改气等混合动力技术改造；生产区的所有照明设施均采用节能灯具；机场增加可再生能源用电量比例超过 10%。



附图 1-1 近零碳排放交通技术路径

以上是较为系统的交通减排技术路径，此外，本课题还依据深圳市减排技术体系和专家调研，从 150 项技术清单给出了较为具体的适合近零碳排放交通的技术措施，包括两类：一是适用性强的技术，即专家调研得分为 5~6 分的技术措施；二是适用性较强的技术，即得分为 3~4 分的技术措施。可供创建近零碳排放交通示范工程参考。

附表 1-3 交通领域适用性强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
照明技术	普通日光灯改为 LED 节能灯，T5 灯改为 LED 灯，照明用高效智能节电控制器，使用纳米聚光板或纳米聚光板替换普通聚光板，户外 LED 照明灯
基础设施建设	快速公交发展，常规公交发展，电动车分时租赁，轨道交通发展
替代燃料和新能源汽车	电动出租车替代燃油出租车，电动公交车替代燃油公交车，电动私家车替代燃油私家车（计入间接排放），混合动力公交车替代燃油公交车，混合动力货车替代燃油货车，货车油改气

汽车燃油经济性	高效燃油货车
地铁技术措施	空调通风变频、水系统变频节能改造，加装无功补偿装置，调整运行方式改善功率因数，西乡与西丽主所支援供电，地铁列车变频空调节能项目，照明系统节能升级改造，车站改装 LED 灯具，车站室照明采购 LED 灯具，取消段、场内电客车热备，自动化集成系统维护工作站改造，区间隧道照明，车站大系统，车站公共区照明，TVF 风机开启控制，车站小系统，其他地铁管理节能项目
交通政策措施	提高停车收费，道路拥堵收费，汽车尾号限行，中心城区对外干道实施 HOT 收费，鼓励“绿色出行”和自愿停驶，核心城区内推广“机动车低排放区”，建设慢行网络
其他措施	垃圾分类回收，固体废弃物资源化利用，非传统水源利用，植林植草增加碳汇，购买林业碳汇，购买核证减排量，区域碳排放监测系统及个人碳账户

附表 1-4 交通领域适用性较强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
电力结构替代	分布式光伏发电
控制管理技术	变频优化控制系统节能技术，过程能耗管控系统技术，高耗能设备定时开、关等相关措施
温控技术	合理设置空调温度
照明技术	基于感应耦合的无极荧光照明技术，加装红外线感应开关
运输技术	发动机冷却系统优化节能技术
既有公共建筑改造	空调风系统改造，空调水系统改造，空调系统智能控制改造，空调在线清洗
其他措施	碳捕集技术

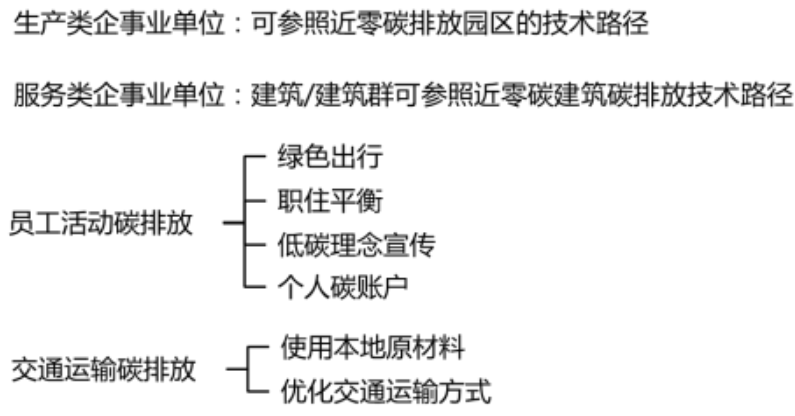
3.近零碳排放企业技术路径

近零碳排放企业的技术路径如下图所示，生产类企业的技术路径参照本文的5.3.3 章节中近零碳排放园区技术路径。

服务类企业技术路径主要包括建筑本体的技术路径，此部分可参照本文5.3.1 章节中近零碳排放建筑技术路径。

员工活动碳减排技术路径主要包括：鼓励员工绿色出行，多乘坐公共交通、采用步行、自行车等非机动车出行方式等；提高职住平衡率，使企业员工居住在离工作地更近的地方，其通勤交通也会变得更短，进而降低上下班通勤的交通碳排放；企业还要定期向员工进行低碳理念宣传，并组织相关低碳行为的培训，树立员工低碳生活的理念，行为减碳；建立企业员工个人碳账户，作为考核近零碳排放企业的一部分内容。

还应控制企业交通运输的碳排放，具体措施包括优先使用本地原料，减少运输过程中的碳排放，优化交通运输方式，根据分析，采用不同的运输方式碳排放情况也不相同，通常水路<铁路<公路<航空，因此在交通运输方式的选择上，应优先采用水路和铁路的方式。



附图 1-2 近零碳排放企业碳减排技术路径

以上是较为系统的企业减排技术路径，此外，本课题还依据深圳市减排技术体系和专家调研，从 150 项技术清单给出了较为具体的适合近零碳排放企业的技术措施，包括两类：一是适用性强的技术，即专家调研得分为 5~6 分的技术措施；二是适用性较强的技术，即得分为 3~4 分的技术措施。可供创建近零碳排放企业示范工程参考。

附表 1-5 企业领域适用性强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
电力结构替代	分布式光伏发电
控制管理技术	变频优化控制系统节能技术，全功率匹配节能数控柔性联动技术，过程能耗管控系统技术，高耗能设备定时开、关等相关措施，动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术
温控技术	制冷剂替换，合理设置空调温度，中央空调余热回收，大温差技术，中央空调主机变频技术，电子膨胀阀变频节能技术，中央空调风机、水泵、风柜加变频器，磁悬浮变频离心式中央空调机组技术，中央空调智能控制技术，双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术，中央空调全自动清洗节能系统技术，基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术，中央空调水处理防腐阻垢节能技术，电热水器改为太阳能热水系统，将燃油锅炉供热水改为太阳能热水系统，热泵技术，热泵的双级增焓提效技术
照明技术	高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术，基于感应耦合的无极荧光照明技术，普通日光灯改为 LED 节能灯，T5 灯改为 LED 灯，加装红外线感应开关，照明用高效智能节电控制器，使用纳米聚光板或纳米聚光板替换普通聚光板，户外 LED 照明灯
锅炉技术	锅炉“油改气”，锅炉余热回收
运输技术	发动机冷却系统优化节能技术
替代燃料和新能源汽车	混合动力货车替代燃油货车
汽车燃油经济性	高效燃油货车
既有公共建筑改造	空调水系统改造，空调系统智能控制改造，空调在线清洗，空调主机改造，冷却塔改造，燃气锅炉改造为空气源热泵，使用节能型电开水器，天然气炉灶，太阳能热水系统（电热水器），太阳能热水系统（燃气热水器），螺杆机热回收（电热水器），螺杆机热回收（燃

	气热水器), 高效照明系统, 电梯能源回收, 电梯群控措施, 自动感应扶梯, 遮阳改造-贴膜, 外窗改造, 外遮阳改造, 屋顶绿化, 垂直绿化, 使用节能型变压器
既有居住建筑改造	太阳能热水系统(电热水器), 太阳能热水系统(燃气热水器), 外遮阳改造, 高效空调系统, 外窗改造
新建低排放建筑	更高标准的建筑节能设计(公共建筑)
大力推动执行能耗限额标准	节能行为科普, 特定目的的节能培训, 能耗监测统计数据库, 示范基地建设
其他措施	垃圾分类回收, 固体废弃物资源化利用, 非传统水源利用, 植林植草增加碳汇, 购买林业碳汇, 购买核证减排量, 碳捕集技术, 区域碳排放监测系统及个人碳账户

附表 1-6 企业领域适用性较强的技术

技术措施分类领域	技术措施名称
燃煤电厂技术	锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统技术, 天然气点火替代燃油点火, 锅炉空预器技术改造, 汽轮机汽封改造, 火电厂凝汽器真空保持节能系统技术, 汽轮机通流部分现代化改造, 机组增容改铭牌, 高压变频调速技术, 高效电机更换
燃气电厂技术	余热锅炉尾部增加受热面, 纯凝汽轮机组改造实现热电联产技术, 燃机转子冷却空气废热利用, 燃机进气冷却
电力结构替代	新建燃气发电, 提高现有燃气发电利用小时数, 垃圾发电, 冷热电三联产技术
注塑机技术	塑料注射成型伺服驱动与控制技术, 注塑机智能变频节能控制技术, 注塑机定量泵系统改为变量泵系统, 注塑机安装炮筒热套, 注塑机余热回收改造
通用机械技术	变频调速节能技术, 永磁涡流柔性传动节能技术, 水泵风机目标电耗节能控制技术, 高效节能电动机用铸铜转子技术, 稀土永磁盘式无铁芯电机节能技术, 同步电机微机全控励磁技术, 空压机余热回收, 活塞空压机改为螺杆空压机, 两级喷油高效螺杆空气压缩机节

	能技术
燃烧加热技术	高效电磁感应加热技术，聚能燃烧技术，高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术
专用技术	低耗能洁净厂房技术，塑料动态成型加工节能技术，高效节能型锥形同向双螺杆挤出技术，铅蓄电池高效低能耗极板制造技术，高效放电回馈式电池化成技术
数控机床技术	数控机床的有源功率补偿技术
替代燃料和新能源汽车	电动私家车替代燃油私家车（计入间接排放），混合动力公交车替代燃油公交车，货车油改气
既有公共建筑改造	空调风系统改造
新建低排放建筑	更高标准的建筑节能设计（居住建筑）